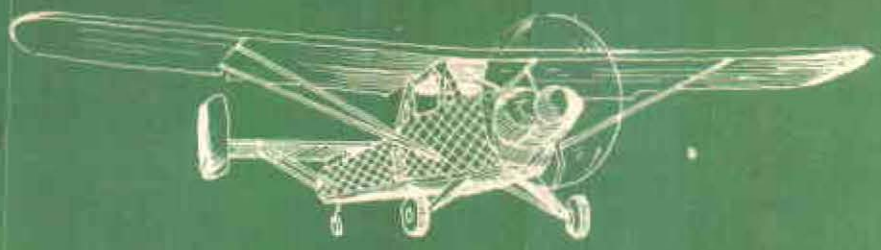
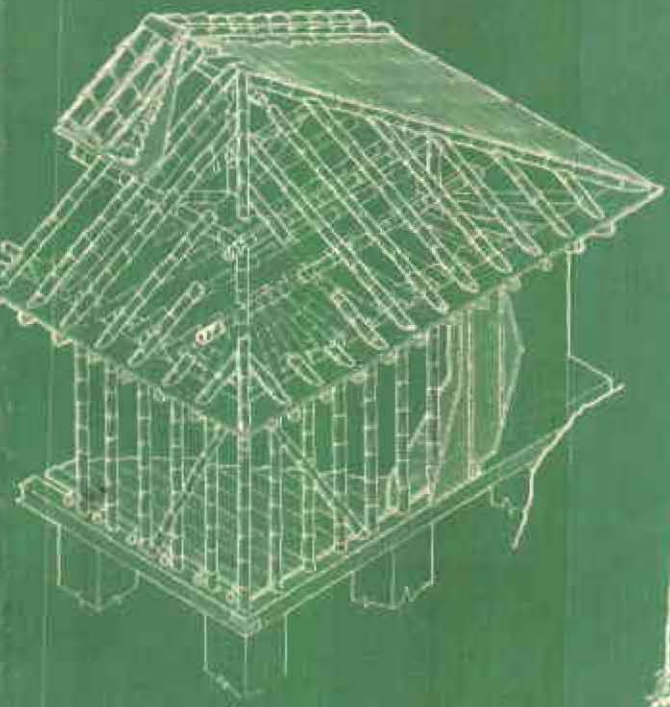


BAMBU



OSCAR HIDALGO

CULTIVO Y APLICACIONES EN
FABRICACION DE PAPEL
CONSTRUCCION
ARQUITECTURA
INGENIERIA

369

8

Analizado

BAMBU

EL BAMBU ES SIMBOLO DE:

CONSTANCIA: *porque nunca cambia de color, permaneciendo siempre verde durante todas las estaciones del año.*

FIDELIDAD: *por su paciente resignación a soportar el peso de las nieves invernales*

INTEGRIDAD: *porque al rajarse sus cortes son rectos y parejos.*

PUREZA: *porque su corazón siempre está limpio y blanco.*

RECTITUD: *porque aún estando viejo y seco, ante la furia del huracán se dobla sin romperse irguiéndose de nuevo.*

ESTUDIOS TECNICOS COLOMBIANOS LTDA.

OSCAR HIDALGO LOPEZ Arq.

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

BAMBU

SU CULTIVO Y APLICACIONES EN:

Fabricación de Papel
Construcción
Arquitectura
Ingeniería
Artesanía

Esta publicación se ha hecho con el patrocinio de las siguientes entidades:

Banco de la República.
Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.
Fondo Colombiano de Investigaciones y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas". COLCIENCIAS.

EDICION 1974

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida en forma alguna, sin el permiso escrito del autor o de los editores.

Derechos Reservados © ESTUDIOS TECNICOS COLOMBIANOS LIMITADA. – Apartado Aéreo 7289 Cali, Colombia

PRINTED IN COLOMBIA
IMPRESO EN COLOMBIA
ITALGRAF S. A.

DEDICO

A la memoria de mi madre, a mi padre y hermanos.

A Floyd A. McClure, quien dedicó parte de su vida al estudio de las especies de América, entre ellas nuestra "guadua".

A las nuevas generaciones de Artesanos, Arquitectos e Ingenieros de mi país.

AGRADECIMIENTOS

DESEO EXPRESAR MI PROFUNDA GRATITUD A QUIENES DESINTERESADAMENTE ME AYUDARON Y ENSEÑARON.

EN EL JAPON:

Universidad de Tokio y arquitecto Koichi Kishitani, profesor asociado de la División de Arquitectura de dicha Universidad, a quienes debo el éxito de mis estudios en el Japón, como el cariño y admiración que hoy siento por ese maravilloso país.

A mis pacientes intérpretes: ingenieros Fuminori Tomozawa y Yoshihiko Tsukamoto.

Ministerio de Educación: Sr. Kohei Shinozawa.

Directivos y técnicos de los Centros de Investigación y de Artes Industriales de Kurume, Beppu y Kanagawa.

Nisso Master Builders Co. Ltd., a su vicepresidente Sr. Charles A. Lyon e ingeniero Motoo Hatakeyama.

Dr. Koichiro Ueda, Profesor Emérito de la Universidad de Kioto.

Arquitecto Carlos Dupui del Consulado de Colombia en el Japón.

EN TAIWAN:

Dr. Germán Rodríguez Fonnegra, Encargado de Negocios de Colombia en dicho país.

A mi intérprete y amigo Rev. Bernardo Acevedo, S.J.

Ministerio de Relaciones Exteriores, Sr. Manuel Lent.

Universidad Nacional de Taiwan, Profesor Kun - Fu Liao.

A mis amigos Dick y Lena Boehr.

EN FILIPINAS:

Instituto Nacional de Ciencia y Tecnología, Dr. Flaviano M. Yenko.

Instituto de Investigación de Productos Forestales de la Universidad de Filipinas.

EN AUSTRALIA:

Sr. Edward K. Mansfield Cónsul honorario de Colombia en dicho país.

EN ESTADOS UNIDOS:

Smithsonian Institution, Washington, Sr. Thomas R. Soderstrom y Srta. Cleofe E. Calderón.

Southern Forest Experiment Station de Pineville, ingeniero Peter Koch.

Universidad de Colorado, ingenieros F. Wangaard y Harry E. Troxell.

Forest Products Laboratory de Madison, Wisconsin; a sus directivos y técnicos: Sr. R.A. Link, e ingenieros Billy Bohannan, Richard J. Auchter y Harold Tarkow.

EN COLOMBIA:

A quienes prestaron su valiosa colaboración en la edición de este libro:

Ingeniero Agrónomo Guillermo Ramos Núñez, Profesor Emérito de la Universidad Nacional, quien tuvo la gentileza de revisar la parte de Cultivo y de Silvicultura.

Sr. Tulio Enrique Sánchez García, en la parte gráfica.

Sr. Heine Acosta Sánchez en el diseño tipográfico y diagramación.

A las siguientes entidades y directivos de las mismas que hicieron posible su publicación:

Banco de la República, Dr. Jaime Sabogal R.

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Dr. Germán Valenzuela Samper.

Fondo Colombiano de Investigaciones y Proyectos Especiales "Francisco José de Caldas". COLCIENCIAS Dr. Efraím Otero R., Dr. Jaime Ayala R., y Dra. Lee de Gouffray.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS VII

INTRODUCCION XIV

PRIMERA PARTE

1 GENERALIDADES

1.1 ETIMOLOGIA 5
1.2 ORIGEN 5
1.3 CLASIFICACION 5
1.4 ESPECIES DE BAMBU 6
1.4.1 BAMBUES NATIVOS DE AMERICA 6
1.4.1.1 Distribucion 6
1.4.1.2 Géneros y Especies 7
1.4.2 BAMBUES NATIVOS DE ASIA, AFRICA Y OCEANIA 17

2 CULTIVO

2.1 ECOLOGIA 25
2.1.1 FACTORES CLIMATICOS 25
2.1.1.1 Lluvias 25
2.1.1.2 Temperatura 25
2.1.1.3 Humedad Relativa 25
2.1.2 TIPOS DE SUELO 25
2.1.3 FACTORES SELVATICOS 26
2.1.3.1 Vegetación alta. 26
2.1.3.2 Vegetación baja. 26
2.2 LA PLANTA 27
2.2.1 EL RIZOMA – CLASIFICACION 27
2.2.1.1 Grupo Paquimorfo (Simpodial, Cespitoso) 28
2.2.1.2 Grupo Leptomorfo (Monopodial, Traçant) 29
2.2.1.3 Grupo Anfipodial (Intermedio) 30
2.2.2 EL TALLO 30
2.2.2.1 Crecimiento del Tallo 31
2.2.2.2 Determinación de la altura del tallo 32
2.2.2.3 Determinación de la Edad del Tallo. 32
2.3 PROPAGACION DEL BAMBU 34
2.3.1 PROPAGACION SEXUAL O POR SEMILLA 34
2.3.1.1 Siembra de la Semilla 34
2.3.2 PROPAGACION ASEXUAL O POR FRACCION VEGETATIVA 35
2.3.2.1 Propagación de Bambúes del Grupo Paquimorfo 36
2.3.2.2 Propagación de Bambúes del Grupo Leptomorfo. 39
2.3.3 DISTANCIA DE LA SIEMBRA 40
2.4 FLORECIMIENTO DEL BAMBU 41
2.4.1 TIPOS DE FLORECIMIENTO 41
2.4.2 CAUSAS DEL FLORECIMIENTO 41
2.4.2.1 La Edad 41
2.4.2.2 Daños por Insectos o Enfermedades 42
2.4.2.3 Influencias Climáticas 42
2.4.2.4 Influencia Fisiológica. 42
2.4.3 INDICACIONES DEL ACERCAMIENTO DE LA FLORESCENCIA 42
2.4.4 CICLOS DE VIDA DE ALGUNAS ESPECIES 42
2.4.5 TRATAMIENTO POSTERIOR AL FLORECIMIENTO 44
2.5 PLAGAS Y ENFERMEDADES 45
2.5.1 INSECTOS 45
2.5.1.1 Daños causados por Insectos en Plantas Vivas 45
2.5.1.2 Daños causados por Insectos en bambúes cortados 45
2.5.2 HONGOS 45
2.6 EL BAMBU COMO ALIMENTO 45
2.6.1 ALIMENTO HUMANO 46
2.6.1.1 El Cogollo 46
2.6.1.2 La Semilla 47
2.6.2 ALIMENTO ANIMAL 47
2.7 ESTUDIOS BOTANICOS REALIZADOS POR MCCLURE SOBRE LA GUADUA (Bambusa guadua, Guadua angustifolia) 48
2.7.1 CLASIFICACION 48
2.7.1.1 Nombre Científico 48
2.7.1.2 Nombre vernáculo 48
2.7.2 LA PLANTA – CARACTERISTICAS VEGETATIVAS 50
2.7.3 VARIACION INFRAESPECIFICA 50
2.7.4 DISTRIBUCION Y ECOLOGIA 50
2.7.5 FLORESCENCIA Y FRUTO 50
2.7.6 PROPAGACION 52
2.7.8 ESTUDIOS QUE SE SUGIEREN 52

3 SILVICULTURA

3.1 EDAD DE CORTE 57
3.2 EFECTOS DE LAS FASES DE LA LUNA EN EL CORTE DE LOS TALLOS DE BAMBU 57
3.3 MANEJO DE UN BOSQUE O PLANTACION DE BAMBU 58
3.3.1 CICLO DE CORTE 58
3.3.2 REGULACION DEL NUMERO DE TALLOS QUE DEBEN SER CORTADOS 59
3.3.2.1 Corte Total. 59
3.3.2.2 Corte de todos los Bambúes Maduros 59
3.3.2.3 Corte de la Mitad de la Mata, excepto de tallos jóvenes. 59
3.3.2.4 Corte dejando algunos tallos maduros además de los jóvenes. 60

3.3.3 METODO PARA HACER EL CORTE 60
3.4 EL PROBLEMA DE LAS MATAS CONGESTIONADAS O SUPER - POBLADAS 61
3.4.1 CAUSAS DE LA CONGESTION O SUPERPOBLACION 61
3.4.2 TRATAMIENTO 61
3.4.3 LIMPIEZA 62
3.5 VOLUMEN Y RENDIMIENTO DE UNA PLANTACION DE BAMBU 62

SEGUNDA PARTE

1 FABRICACION DE PAPEL

1.1 HISTORIA 69
1.1.1 TIPOS DE CARTON Y PAPEL QUE SE PRODUCEN DEL BAMBU. 70
1.2 VENTAJAS DEL BAMBU SOBRE LA MADERA EN LA FABRICACION DE PAPEL 71
1.3 ESPECIES DE BAMBU APROPIADAS PARA LA FABRICACION DE PULPA PARA PAPEL 71
1.3.1 EN AMERICA 71
1.3.2 EN ASIA 71
1.3.3 EN AFRICA 72
1.4 DIMENSION DE LAS FIBRAS DEL BAMBU 72
1.4.1 TABLA. DIMENSION DE LAS FIBRAS DE ALGUNAS ESPECIES 73
1.5 RELACION DE LARGO Y ANCHO DE VARIAS FIBRAS 73
1.6 TABLA. COMPOSICION QUIMICA DE ALGUNOS BAMBUES (BASE SECA). 74
1.7 VOLUMEN DE TALLOS DE BAMBU Y AREA DE CULTIVO NECESARIA PARA LA PRODUCCION DE PULPA. 76
1.8 LA GUADUA (BAMBUSA GUADUA) COMO MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACION DE PULPA PARA PAPEL. 76
1.8.1 COMPOSICION QUIMICA 76
1.8.2 LONGITUD DE LAS FIBRAS 76
1.8.3 ESTUDIO REALIZADO EN ECUADOR SOBRE EL MONTAJE DE UNA FABRICA DE PAPEL DE 7.500 TON. EMPLEANDO PULPA DE GUADUA. 77
1.8.4 FOTOMICROGRAFIAS 78

2 CONSTRUCCION

2.1 ESPECIES NATIVAS Y CULTIVADAS EN AMERICA DE MAYOR USO EN CONSTRUCCION. 83
2.1.1 ESPECIES NATIVAS 83
2.1.2 ESPECIES CULTIVADAS ORIGINARIAS DEL ASIA. 83
2.2 PROPIEDADES FISICAS DEL BAMBU 84
2.2.1 RESISTENCIA A LA TENSION 84
2.2.1.1 En la Zona del Entrenudo 84
2.2.1.2 En la Zona del Nudo 84
2.2.1.3 Promedios Máximos de resistencia a la Tensión 84
2.2.1.4 Módulo de Elasticidad a la Tensión. 84
2.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION 84
2.2.2.1 Módulo de Elasticidad a la Compresión. 84
2.2.3 RESISTENCIA A LA FLEXION 84
2.2.3.1 Módulo de Elasticidad a la Flexión 84
2.2.4 RESISTENCIA DE LAS FIBRAS DE LA CAPA EXTERNA E INTERNA DE LA PARED DEL TALLO. 84
2.2.4.1 TABLA 84
2.2.5 ESTUDIOS REALIZADOS POR G. E. HECK SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BAMBUSA GUADUA (GUADUA ANGUSTIFOLIA) Y DE OTROS BAMBUES CULTIVADOS EN PUERTO RICO 85
2.2.5.1 TABLA. Dimensión Promedia, Mínima y Máxima de tallos de Bambú cultivados en Puerto Rico. 85
2.2.5.2 TABLA. Resistencia a la Flexión de tallos de Bambú Cultivados en Puerto Rico. 85
2.2.5.3 TABLA. Resistencia a la Flexión de tablillas o latas de sección transversal rectangular, secados al aire, de bambúes cultivados en Puerto Rico 86
2.2.5.4 TABLA. Resultado de los ensayos de compresión paralela a la fibra de tallos y tablillas secadas al aire, de bambúes cultivados en Puerto Rico. 87
2.2.5.5 TABLA. Resistencia a la tensión paralela a la fibra de tablillas obtenidas de bambúes cultivados en Puerto Rico. 88
2.2.5.6 TABLA. Comparación de los valores de tablillas de entrenudos obtenidas de tallos secos al aire, de 4 especies de bambú, ensayadas a flexión estática y máxima resistencia al aplastamiento en compresión longitudinal. 88
2.2.5.7 TABLA. Promedio de los resultados de ensayos a flexión estática de tablillas de bambú correspondientes a los entrenudos

de la parte basal, intermedia y superior de un tallo de Bambusa tuldoides y de Bambusa guadua (Guadua angustifolia). 89

2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL EMPLEO DEL BAMBU EN CONSTRUCCION. 90

2.3.1 VENTAJAS 90

2.3.2 DESVENTAJAS 90

2.4 TRATAMIENTOS DE CONSERVACION. 91

2.4.1 CORTE DEL TALLO SEGUN SU EDAD Y GRADO DE SAZONAMIENTO. 91

2.4.1.1 Normas para el corte 92

2.4.2 CURADO DEL BAMBU 92

2.4.2.1 Curado en la Mata 92

2.4.2.2 Curado por Inmersión 92

2.4.2.3 Curado por Calentamiento 93

2.4.3 SECADO DEL BAMBU 93

2.4.3.1 Determinación del Contenido de Humedad 94

2.4.3.2 Uso de Medidores Eléctricos para determinar la Humedad del Bambú. 94

2.4.3.3 Factores que afectan el Secado del Bambú 95

2.4.3.4 Métodos de Secado 95

a. Secado al Aire 96

b. Secado en Estufa 96

c. Secado sobre Fuego Abierto 96

2.4.3.5 Defectos que se Presentan en el Secado 97

a. Agrietamiento en la Superficie 97

b. Rajaduras 97

c. Colapso 97

d. Deformaciones 97

e. Cambios de color durante el secado 98

2.4.3.6 Experimentos de Secado al Aire y en Estufa. 98

2.4.4 TRATAMIENTO CON PRESERVATIVOS CONTRA INSECTOS Y HONGOS 99

2.4.4.1 Sistemas de Aplicación de Productos Preservativos. 100

a. Tratamiento aprovechando la transpiración de las hojas. 100

b. Tratamiento por el Método Boucherie 100

c. Tratamiento a Presión o Método Boucherie Modificado 100

2.4.4.1 TABLA 103

d. Tratamiento por Inmersión. 104

1. Con Pentaclorofenol 104

2. Con Creosota 104

e. Tratamiento por aplicación externa. 104

2.4.4.2 Productos Preservativos empleados para el Tratamiento del Bambú y de la Madera. 104

a. Preservativos Tipo Aceite. 104

b. Preservativos solubles en Agua 105

2.4.5 TRATAMIENTO E IMPREGNACION DEL BAMBU CON RESINAS SINTETICAS PARA MEJORAR SUS CUALIDADES FISICAS. 106

2.4.5.1 Procedimiento 106

2.5 NORMAS PARA EL EMPLEO DEL BAMBU EN LA CONSTRUCCION 108

2.5.1 EMPLEO APROPIADO EN CONSTRUCCION DE LAS PORCIONES BASAL, INTERMEDIA Y SUPERIOR DEL TALLO. 108

2.5.2 BAMBUES QUE NO DEBEN EMPLEARSE EN CONSTRUCCION 108

2.5.3 UNIONES Y AMARRES DE ELEMENTOS DE BAMBU. 108

2.5.3.1 Detalles de Uniones 109

2.5.3.2 Detalles de Amarres y Nudos con Cuerdas 118

2.5.4 LOS TABLEROS DE ESTERILLA DE BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION. 133

2.5.4.1 Preparación 133

2.5.4.2 Aplicación 133

2.5.5 USOS DEL BAMBU EN LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS Y MIEMBROS DE CONCRETO 134

2.5.5.1 Encofrados 134

2.5.5.2 Apuntalado o Soporte. 134

2.5.5.3 Moldes de Bambú – Casetones 137

2.5.5.4 Andamios 138

2.5.5.5 Otros usos del Bambú en construcción 140

2.6 EL BAMBU COMO REFUERZO EN EL CONCRETO 141

2.6.1 EXPERIMENTOS REALIZADOS POR LA JEFATURA DE CONSERVACION DE WHANGPOO, CHINA, SOBRE CONCRETO REFORZADO CON BAMBU 142

2.6.1.1 Ensayos Mecánicos 142

2.6.2 EXPERIMENTOS REALIZADOS POR K. DATTA SOBRE LA UTILIZACION DEL BAMBU COMO REFUERZO EN EL CONCRETO 143

2.6.2.1 Propiedades Mecánicas 143

2.6.2.2 Conclusiones de los Experimentos realizados por K. Datta. 144

2.6.2.3 Instrucciones para el empleo del Bambú como refuerzo. 146

2.6.3 EXPERIMENTOS REALIZADOS POR H.E. GLENN SOBRE EL EMPLEO DEL BAMBU COMO REFUERZO EN EL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND 146

2.6.3.1 Especies de Bambú utilizadas en los Experimentos 146

2.6.3.2 Características Físicas del Bambú 147

a. Ensayos a Flexión 147

b. Ensayos a Tensión Directa 147

c. Resistencia final a la Compresión y Módulo de Elasticidad a la Compresión 148
2.6.3.3 Resultados de los Ensayos de Adherencia entre el Bambú y el concreto 154
2.6.3.4 Ensayos de vigas de sección rectangular 154
2.6.3.5 Ensayos de vigas de sección en "T" 155
2.6.3.6 Conclusiones de los resultados de los Ensayos de vigas de concreto reforzado con bambú. 155
2.6.3.7 Principios de Diseño y Construcción recomendado por H.E. Glenn para el concreto reforzado con Bambú. 157
2.6.3.8 Aplicación de las Investigaciones realizadas por H.E. Glenn en la construcción de varios edificios. 158
2.6.4 ESTUDIOS SOBRE CONCRETO REFORZADO CON BAMBU REALIZADOS POR H.G. GEYMAYER Y F.B. COX 172
2.6.4.1 Propiedades Físicas del Bambú. 172
2.6.4.2 Problemas del Hinchamiento, contracción y adherencia del Bambú. 172
2.6.4.3 Conclusiones de los Ensayos de miembros Estructurales 174
a. Estabilidad del Volumen, Adherencia y Descomposición. 174
b. Resistencia a la Flexión, Fisuración Deflección. 175
2.6.4.4 Procedimientos tentativos de Diseño 175
a. Diseño de vigas 175
b. Procedimiento Refinado de Diseño 175
c. Diseño Elástico 175
d. Diseño de la Resistencia Final 175
e. Diseño de Placas 175
2.6.4.5 Conclusiones

3 ARQUITECTURA

3.1 SISTEMAS DE CONSTRUCCION EN BAMBU EMPLEADOS EN COLOMBIA 179
3.1.1 CIMENTACION 180
3.1.2 PISOS 181
3.1.2.1 Pisos de Esterilla 181
3.1.2.2 Pisos de Latas 182
3.1.2.3 Pisos de Bambúes Completos 182
3.1.3 MUROS 182
3.1.3.1 Muros de Barro Embutido 182
3.1.3.2 Muros de Bahareque 183
3.1.4 TECHOS DE VARIAS AGUAS 185
3.1.5 FORMAS DE CONSTRUCCION – DETALLES 186
3.1.6 CONSTRUCCIONES DE TECHO CONICO CON PLANTA CIRCULAR – (KIOSCOS) 195
3.1.6.1 Diseño 196
3.1.6.2 Kioscos con Anillo de Tensión 197
3.1.6.3 Kioscos con Anillo de Tensión en concreto 200
3.1.6.4 Kioscos con Tensores. 201
3.2 EL BAMBU EN LA ARQUITECTURA HINDU 205
3.2.1 ESPECIES DE LA INDIA DE MAYOR USO EN CONSTRUCCION 205
3.2.2 INFLUENCIA DEL BAMBU EN LA ARQUITECTURA HINDU 206
3.2.2.1 Origen del Torana 206
3.2.2.2 La Vivienda Primitiva 207
3.2.2.3 Aprovechamiento de la Elasticidad del Bambú en la construcción de Techos y Arcos de Puertas y Ventanas 208
3.2.2.4 Origen de las Cúpulas de los Templos Hindúes 209
3.3 EL BAMBU EN LA ARQUITECTURA JAPONESA 212
3.3.1 ESPECIES DE BAMBU DE MAYOR USO EN CONSTRUCCION 212
3.3.2 EMPLEO DEL BAMBU EN LA VIVIENDA 212
3.3.3 LA CASA DEL TE 216
3.3.4 EL BAMBU EN LOS JARDINES JAPONESES 217
3.3.4.1 El Cerco Pequeño 218
3.3.4.2 El Cerco Interno 219
3.3.4.3 El Cerco Externo 221
3.3.5 LA PARED DE ARCILLA REFORZADA CON BAMBU 222
3.3.5.1 Sistemas de Construcción 222
3.3.5.2 El Refuerzo de Bambú 223
3.3.5.3 La Arcilla 223
a. Aplicación de la Arcilla 224
3.3.6 DEFORMACION ARTIFICIAL DEL BAMBU – BAMBU DE SECCION RECTANGULAR 226
3.3.6.1 Procedimiento 226
3.3.7 MATERIALES DE CONSTRUCCION OBTENIDOS DEL BAMBU 229
3.3.7.1 Celosías Decorativas 229
3.3.7.2 Baldosas para Pisos 230
a. Baldosas de Bambú Laminado 230
b. Baldosas tipo Parquet 230
3.3.7.3 Chapas de Bambú 231
a. Chapas Cortadas en Rotación 231
b. Chapas de Bambú laminado 231
c. Chapas Plastificadas de Bambú laminado 232
3.3.7.4 Paneles Contrachapeados de Bambú 232
3.3.7.5 Láminas o Baldosas tejidas de bambú 233
3.4 ESTRUCTURAS ESPACIALES DE BAMBU 234
3.4.1 ESTRUCTURAS GEODESICAS DOMOS 234

3.4.1.1 Construcción de un Domo Geodésico en Bambú 235
a. Preparación de las Piezas y unidades 235
b. Ensamble 235
3.4.2 ESTRUCTURAS LAMINADAS 238
3.4.2.1 Ventajas del Sistema Laminar 239
3.4.2.2 Aplicación del Bambú en Estructuras Laminadas 239
3.4.2.3 Adhesivos 240
3.4.2.4 Aplicación 240
3.4.2.5 Uniones 240
3.4.3 APLICACION DEL SISTEMA LAMINADO DE BAMBU EN LA FABRICACION DE PIEZAS TORNEADAS PARA MUEBLES. 242

4 INGENIERIA

4.1 INGENIERIA AERONAUTICA 245
4.1.1 UTILIZACION DEL BAMBU EN LA CONSTRUCCION DE AVIONES 245
4.1.1.1 Estudios Preliminares 245
4.1.1.2 Resistencia del Bambú en comparación con Otros Materiales Empleados en la Construcción de Aviones 246
4.1.1.3 Preparación del Bambú 246
4.1.1.4 Aplicación 247
4.1.1.5 *Características del Diseño* 248
4.1.1.6 Conclusiones y Anotaciones 250
4.1.1.7 Propiedades físicas de los Paneles 251
4.2 INGENIERIA CIVIL
4.2.1 PUENTES COLGANTES CON CABLES DE BAMBU 252
4.2.1.1 Historia 252
4.2.1.2 Los cables de Bambú - Su fabricación y aplicación en la Ingeniería 253
4.2.1.3 Puentes Colgantes del Himalaya 254
4.2.1.4 Puentes Colgantes de China 255
a. Puentes Colgantes con Dos Apoyos 255
b. Puentes Colgantes con Varios Apoyos 258
c. Puentes Colgantes de dos Cables 260
d. Puentes Colgantes de Un Cable 260
e. Puentes Transbordador 260
4.2.1.5 Puentes Colgantes de la India 261
4.2.2 PUENTES RIGIDOS – SISTEMAS DE CONSTRUCCION 262
4.2.2.1 *Puentes de Caballete* 262
a. Diseño de los Caballetes 262
Caballete Tipo No. 1 262
Caballete Tipo No. 2 263
Caballete Tipo No. 3 263
Caballete Tipo No. 4 263
b. Construcción del Puente de Caballetes 263
4.2.2.2 Puentes de *Tijera* 265
4.2.2.3 Puentes Peatonales para Uso Temporal 267
a. Puentes de Pórtico Triangular y Piramidal 267
b. Puentes de caballete Triangular 267
4.2.3 DIQUES – CONSTRUCCION 272
4.3 INGENIERIA HIDRAULICA Y SANITARIA 273
4.3.1 ACUEDUCTOS DE BAMBU 273
4.3.1.1 Preparación de los tubos 273
4.3.1.2 Empalmes 274
4.3.1.3 Colocación 274
4.3.1.4 *Diseño de la Tubería para un Acueducto Rural* 276
4.3.1.5 Empalmes a 90°, Derivaciones y soportes de Tuberías 277
4.3.2 FUENTES DE AGUA 279
4.3.3 POZOS PROFUNDOS 279

5 ARTESANIA

5.1 PREPARACION DEL BAMBU 283
5.1.1 EDAD APROPIADA PARA EL CORTE 283
5.1.2 TRATAMIENTO CON SODA CAUSTICA 284
5.1.3 TRATAMIENTO CON CALOR 284
5.1.4 APLICACION DE PRESERVATIVOS 284
5.1.4.1 *Tratamiento Preventivo Contra Hongos.* 284
5.2 PROCESAMIENTO MANUAL DEL BAMBU 285
5.2.1 PELADO DEL BAMBU 285
5.2.2 CORTE DEL TARUGO 286
5.2.3 ELABORACION DE PALILLOS O VARILLAS REDONDAS 286
5.2.4 *DOBLADO AL CALOR* 287
5.2.5 APLICACION DE COLORANTES 287
5.3 TEJIDOS DE BAMBU 288
5.3.1 ESTERAS Y PANELES TEJIDOS 289
5.3.2 CANASTAS 290
5.3.3 DISEÑOS DE TEJIDOS ELABORADOS CON CINTAS DE BAMBU 291
5.3.3.1 *Tejido Cuadrado (Yotsume–Ami)* 291
5.3.3.2 Tejido Exagonal (Mutsume–Ami) 291
5.3.3.3 Ajiro 291
5.3.3.4 Tejido del Cuerpo (Do–Ami) 291
5.3.3.5 Tejido de la Base (shikizoko–Ami) 291
5.3.3.6 Tejido de Borde 291
5.3 PROCESAMIENTO CON MAQUINARIA 306

BIBLIOGRAFIA 309

INDICE 315

INTRODUCCION

Tuve siempre una gran admiración por la **Guadua** *(Bambusa guadua, Guadua angustifolia)*, como elemento de construcción, pero mis deseos de tener un mayor conocimiento sobre ella se vieron frustrados al no encontrar en libros latinoamericanos, una información técnica sobre este material, debido a que en ninguno de estos países, donde se da silvestre, nadie se ha preocupado por estudiarla, bajo este aspecto. Las informaciones que encontré eran demasiado superficiales pero ellas sirvieron para enterarme, con sorpresa de mi parte, de que la guadua era un bambú, pues quizás por el hecho de verla crecer junto a los árboles, tenía la idea de que la guadua también era un árbol. De otra parte el término "bambú", lo asociaba sólo a las cañas delgadas de color amarillo y entrenudos huecos, que imaginaba habían sido traídas alguna vez del Japón. Esto abrió el camino que me permitiría tener una mejor idea de la guadua al estudiar otras especies similares del bambú, pero tampoco pude encontrar en las bibliotecas de las universidades del país libros sobre esta materia y menos en español.

Decidí entonces en 1968, emprender un largo viaje por varios países del Asia y estudiar en forma objetiva diversos aspectos sobre el bambú. Tuve la suerte de encontrar allí una ilimitada colaboración por parte de la Universidad de Tokio y de otros centros de investigación del Japón, Taiwan y Filipinas. Fue así como gracias a ellos pude entrar al maravilloso y fascinante mundo del bambú.

Sin duda alguna, no ha existido en la naturaleza una planta que haya sido más intensa y extensamente utilizada como el bambú en el Asia. En el transcurso de los siglos el hombre asiático ha obtenido de esta planta: alimento, vestido, vivienda, infinidad de objetos de uso doméstico, instrumentos musicales, herramientas, armas defensivas, transporte, etc. Para muchas tribus primitivas llegó a ser un elemento tan indispensable para su subsistencia, que llegaron a considerarlo como un Dios, al cual adoraban. Algunas de ellas, como la Piyuma de la Isla de Formosa, creían que el primer hombre y la primera mujer habían salido de internudos diferentes de un mismo tallo de bambú.

Muchos de los usos primitivos que se le dió al bambú fueron el origen de herramientas y máquinas que hoy existen en acero. De la misma manera, las formas de las primitivas viviendas construidas en bambú por los Vedas y luego por los Bengalíes dieron origen a gran parte de los monumentos y edificios que hoy son símbolos de la arquitectura Hindú, entre los cuales merece destacarse el Taj Mahal. Por otra parte, los gigantescos puentes colgantes con cables de bambú construidos en el Himalaya y entre China y el Tibet fueron el origen de los grandes puentes y cubiertas colgantes que hoy se construyen con cables de acero.

En los últimos años, con ayuda de la moderna tecnología, se han revivido muchos de los antiguos usos que se le dió al bambú, a la vez que se han encontrado nuevas aplicaciones en medicina, farmacia, química y en otros campos industriales. Así por ejemplo, con fines medicinales, se emplea en China e India la secreción silícea extraída de los internudos de ciertas especies de bambú, con la cual se preparan el famoso "Tabashir" empleado para curar el asma, la tos y como afrodisíaco. La capa externa del tallo de bambú se emplea en la medicina china en la preparación de una bebida antipirética, y las yemas verdes de las hojas en la preparación de una loción para el lavado de los ojos. Sugayama, Kamasuka y Takada, obtuvieron del bambú una sustancia con efectos anticancerosos. Por otra parte el bambú es utilizado por algunas tribus de la India y Borneo, en forma de cuchillo, para practicar

la flebotomía, cortar el cordón umbilical, efectuar la circuncisión y aún para degollar. En contraposición a los muchos beneficios que se obtienen de esta extraordinaria planta, en China y Java se emplean ciertas partes del bambú en la preparación de un veneno que produce la muerte después de una lenta y dolorosa agonía.

Kato extrajo de cogollos de bambú enzimas como la nucleasa y la deaminasa, además de otra que disuelve la fibrina. Yoshida e Ikejiri obtuvieron también de los cogollos un extracto acuoso superior a los corrientes para el cultivo de ciertas bacterias patógenas como la Shigella y Brucella. Chang en 1938 aisló entre otras sustancias un compuesto cristalino relacionado con la hormona sexual femenina. En la preparación de cosméticos, Tibere N. Sceopul obtuvo un compuesto de bambú que protege y estimula la piel y el cabello.

El carbón de ciertos bambúes además de ser utilizado por los joyeros orientales, por la sílice que contiene, se emplea en la India con fines farmacéuticos. Por otra parte Miyake y Sugiura demostraron que su empleo en la fabricación de baterías eléctricas presenta mayores ventajas, que los carbones obtenidos de otras fuentes. Es importante anotar que Edison utilizó con mucho éxito en sus primeras bombillas eléctricas filamentos carbonizados de bambú.

Las hojas de bambú, que en Asia tienen gran valor nutritivo como forraje, fueron empleadas por Chiharu Oyama para obtener un producto que desodoriza entre otros, el aceite de pescado. Piatti en 1947, obtuvo por destilación de tallos de bambú, un líquido combustible para máquinas diesel. En Filipinas Antonio J. de León experimentó con muy buenos resultados el empleo de paneles tejidos de bambú en la construcción de aviones. En la Indonesia y China muchos de los acueductos rurales son construidos con tuberías de bambú, que también se utilizan en la construcción de pozos profundos. En China se emplean en las minas de sal transportadores hechos con secciones de bambú amarrados a cables de bambú.

Los chinos fueron los primeros en utilizar el bambú en la fabricación de papel. En la actualidad un 70% del papel producido en la India es obtenido del bambú, donde también se utiliza en la fabricación de telas de rayón. Como resultado de recientes estudios realizados sobre la longitud de la fibra y de nuevas técnicas de procesamiento, se ha logrado obtener papeles de excelente calidad para diversos usos. Por otra parte se ha demostrado que el bambú es más apropiado que el pino, no sólo para la elaboración de ciertos tipos de papel como el de uso facial y papeles finos para escribir, sino en cuanto a su rápido crecimiento se refiere, que quizás no es comparable al de ninguna otra planta. En la etapa de mayor desarrollo el crecimiento diario del bambú puede fluctuar entre 8 y 30 cms. o más. El máximo crecimiento conocido hasta hoy es de 1,21 metros en 24 horas, observado por K. Ueda en 1955 en Kioto, Japón.

Al descubrir el extraordinario potencial industrial que nuestras inexplotadas especies representan para Colombia y otras áreas latinoamericanas, regresé al país con el ánimo de promover, a través de la Universidad Nacional, que me ofreció su colaboración, una investigación sobre nuestras especies y su aplicación industrial en la construcción y en la fabricación de papel, pero no obtuve el apoyo de las entidades e industrias que hubieran podido ser las más beneficiadas, y a las cuales solicité su colaboración en vista de que la Universidad no disponía de presupuesto para investigaciones.

Es muy curioso que mientras para los asiáticos el bambú es

sinónimo de riqueza, para los colombianos es de miseria, debido a que a diario vemos el mal empleo que se le da a este material, particularmente en la construcción de tugurios en donde por lo general sólo se utilizan desechos de bambú, sin importancia técnica ni estética. Esta idea de miseria o de pobreza con la cual se asocia a la guadua o a nuestras especies nativas de bambú, ha contribuido a formar en el común de las gentes un rechazo subconsciente hacia todo aquello que tenga relación con la guadua y por ello no existe interés alguno en apoyar cualquier iniciativa que surja por estudiar nuestras especies, su aplicación industrial o por mejorar e impulsar nuestros tradicionales sistemas de construcción en bambú.

Como consecuencia de lo anterior nació este primer libro, que no sólo ha sido escrito con el propósito de dar una idea de cómo se cultiva y prepara el bambú para usos industriales sino particularmente para tratar de crear en el común de la gente, una nueva imagen de nuestro bambú, la guadua, mostrando y describiendo con tal fin algunas de las más interesantes aplicaciones que se le ha dado en el Asia a otras especies, que en la mayoría de los casos poseen características mecánicas similares o inferiores a las de nuestra guadua. Estas aplicaciones se han distribuido en 5 secciones como son: Construcción, Arquitectura, Ingeniería, Artesanía y Fabricación de Papel. En una futura publicación se incluirán otras aplicaciones en Arte, Música, Medicina, Deportes, etc. que a pesar de ser muy interesantes no tienen la importancia económica y social que los diversos aspectos tratados en este libro puedan tener para nuestro país, ya que ellos incluyen muchos de los estudios experimentales que hasta hoy se han realizado sobre el bambú, en diversas partes del mundo, como algunos modestos aportes hechos por el autor, que pueden servir de guía para el estudio de nuestras especies, su mejor aplicación en la construcción y en la formación de pequeñas y grandes industrias que sin duda alguna serían de gran beneficio para Colombia. Hubiera querido indicar otras informaciones, particularmente de China, e India pero las barreras del idioma me lo impidieron.

En la primera parte de este libro se ha incluido una información relativamente completa sobre el Cultivo y Silvicultura del Bambú, en la cual se indican muchos aspectos del desarrollo de la planta, que deben tenerse en cuenta para su apropiada aplicación en la construcción, en la artesanía y en la fabricación de papel. Vale la pena anotar que a pesar de que el bambú ha sido conocido y utilizado por el hombre desde tiempos prehistóricos, aún se desconocen muchos de sus aspectos botánicos. La razón principal de ello, es que los bambúes producen flores y frutos sólo a intervalos de 30, 60, 90 y aún después de los 100 años. Como la identificación de las plantas se basa en su mayor parte en las características de las flores y los frutos, la clasificación del bambú no es muy satisfactoria. Algo que es muy curioso e interesante en el bambú, es que después del florecimiento, la planta muere, lo que ha constituido uno de los grandes misterios del bambú.

Es triste ver cómo día a día son arrasados los guaduales en Colombia, sin control alguno, con el fin de alimentar los obsoletos hornos de algunos ingenios paneleros, o para ser reemplazados por otros tipos de cultivo. Al paso como su destrucción se efectúa, sólo restan unos pocos años para lograr su completa extinción. Entonces, cuando sea demasiado tarde, sí comprenderemos que no supimos aprovechar uno de los más preciados tesoros que ha podido dar la naturaleza a nuestra tierra y que dejamos morir inexplotado en nuestras manos.

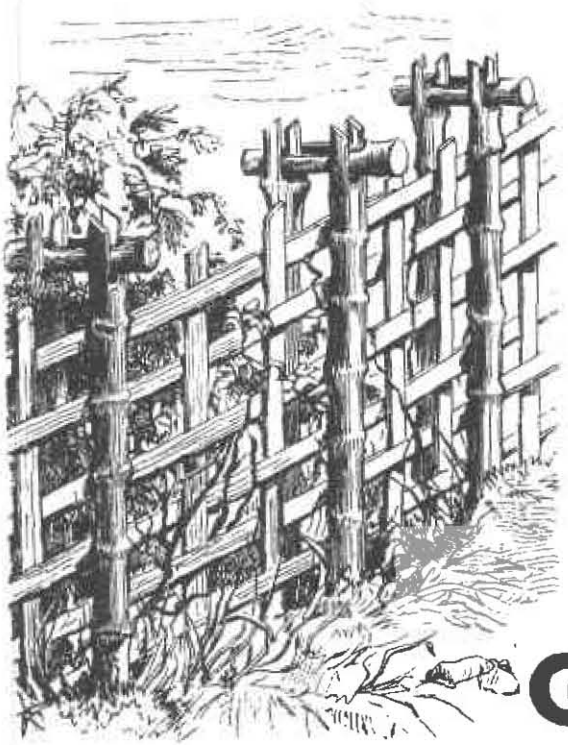
OSCAR HIDALGO LOPEZ

PRIMERA PARTE

1 GENERALIDADES

2 CULTIVO

3 SILVICULTURA



Bambu

1 GENERALIDADES

1.1 ETIMOLOGIA

Probablemente el primer autor en hacer alusión en sus escritos sobre el bambú fue Ctesias, quien en una de sus historias refería que *las cañas de la India, eran tan grandes que podían ser utilizadas como botes.* Esta información la obtuvo en la corte de Persia, cuatrocientos años antes de Cristo, siendo el médico privado del rey Artaxerxes Mnemon.

Según Freeman Mitford (1), en un artículo escrito por Yule sobre la palabra bambú, en su Glossary of Anglo—Indian Words, 1886, considera su origen como un misterio para los etimologistas, como son sus diferentes especies un enigma para los botánicos, y cita pasajes de antiguos libros que ilustran sobre el primer uso de la palabra, entre los cuales se destacan por curiosos los siguientes:

a) García en sus "Colloquois dos Simples e Drogas e cousas Medecinaes da India" publicado en 1563 dice, hablando del Tabashir, la droga que se obtiene de los tallos del bambú: *"La gente que lo extrae lo llama sacar mambum. . . porque las cañas de esa planta son llamadas por los indios MAMBU".*

b) Acosta en su "Tratado de las Drogas y Medicinas de las Indias-Orientales", 1578 dice: *"Algunas de estas (cañas), especialmente en Malabar, se encuentran tan grandes que la gente las utiliza como botes, no abriéndolas sino cortándolas longitudinalmente dejando-sus nudos naturales en los extremos, luego una pareja de negros desnudos se sube cada uno en el extremo del MAMBU (como ellos lo llaman), provistos de canalete en cada mano. . . y sobre una caña de esta clase la gente pasa los ríos sentada y con las piernas colgando".*

Las dos últimas citas hechas por Yule en el cual el nombre aparece similar a la presente forma son: Fitch, en Hakluyt, 1586: *"Todas las casas estaban hechas con cañas que ellos llamaban BAMBOS".* Linschoten, 1598: *"Una caña tan gruesa como la pierna de un hombre que es llamada BAMBUS".* Freeman Mitford (1).

1.2 ORIGEN

La historia del bambú se remonta al comienzo de la civilización en el Asia o sea al principio de todas las cosas humanas o relacionadas con el hombre. Valenovsky sostiene que la planta tuvo su origen en la era Cretácea un poco antes de la iniciación de la Terciaria, cuando el hombre apareció

El hombre y el bambú han estado estrechamente ligados en China desde tiempos prehistóricos, lo que se demuestra en el hecho de que uno de los primeros radicales o elementos de la ideografía china que existieron, fue un dibujo del bambú, constituido por dos tallos con ramas y hojas que se denominó *CHU.* Como es sabido, el ideograma fue originalmente basado en la representación pictórica de objetos para los cuales la lengua hablada tenía nombres, lo que posteriormente evolucionó con la invención de las letras o caracteres chinos atribuida a Ts'ang Chi, ministro de Huang Ti en el año 2.600 A.C. Porterfield (2).

"CHU", carácter chino originado del idiograma empleado por los primitivos chinos para designar al bambú, el cual estaba formado por dos tallos con ramas y hojas que después se simplificó obteniéndose el carácter indicado en la figura.

1.3 CLASIFICACION

Quizás por el hecho de ver crecer casi juntos los árboles y los bambúes en nuestros bosques, mucha gente se sorprende al saber que el bambú no es un árbol sino lo que pudiéramos llamar una hierba gigante.

Botánicamente el bambú está clasificado como *Bambuseae* una tribu de la extensa familia de las *Gramíneas*, de la cual también hacen parte el maíz, la cebada, el trigo y otras plantas que constituyen parte de nuestro diario alimento.

Por las características de su tallo, se le considera como una de las llamadas plantas leñosas, las que se clasifican en Gimnospermas y Angiospermas. Las Gimnospermas comprenden las coníferas o maderas blandas. Las Angiospermas se subdividen en:

a) Monocotiledóneas como son los BAMBUES y las palmas.
b) Dicotiledóneas, de hoja ancha y caduca, denominadas maderas duras. Jay (3)

1.4 ESPECIES DE BAMBU

A pesar de que el bambú ha sido una planta conocida y empleada por el hombre desde tiempos prehistóricos, sus caracteres botánicos aún no se conocen completamente. La razón de ésto, como ya se ha dicho, es que la mayoría de los bambúes sólo florecen a intervalos de 30, 60, 90, y aún después de 100 años y las flores y los frutos son indispensables para la clasificación. Debido a esta circunstancia son frecuentes los casos en que una misma especie ha sido clasificada por diferentes botánicos en géneros distintos.

Para corregir en lo posible este problema, por lo que a América se refiere, McClure pasó los últimos años de su vida haciendo una reclasificación de los bambúes de este continente, viéndose precisado a realizar varias modificaciones entre ellas: el género *Guadua* pasó a ser otra vez subgénero *guadua* del género *Bambusa* y nuestra especie denominada antes *Guadua angustifolia* Kunth se denomina de nuevo *Bambusa guadua* Humboldt et Bonpland. McClure (4).

Todos los continentes con excepción de Europa tienen especies nativas de bambú. Hasta el presente no se ha logrado establecer con exactitud el número de especies que existen en el mundo. Algunos autores, entre ellos Raizada y Chatterji (5) consideran que hay alrededor de 30 géneros y 550 especies. Ueda (6) dice que según Makino y Nemoto, Flora del Japón, 1931, existen en el mundo 47 géneros y 1.250 especies, de los cuales sólo en el Japón se encuentran 13 géneros, incluyendo el género Sasa, y 662 especies.

Para facilitar su estudio se indican a continuación las especies nativas de América y separadamente las de Asia, Africa y Oceanía.

1.4.1 BAMBUES NATIVOS DE AMERICA

1.4.1.1 Distribución

Según McClure (7), la distribución natural de los bambúes en América se extiende desde los 39º - 25'N, de la parte oriental de los Estados Unidos, hasta los 45º-23" 30"S en Chile (Dusén) y aún hasta los 47ºS en Argentina (Parodi).

Vale la pena anotar que la distribución natural ha sido modificada por el hombre, particularmente en América, donde se han destruido grandes plantaciones de bambú con el fin de utilizar la tierra en variados cultivos. Esto ha sucedido en los Estados Unidos donde el bambú se ha reducido muchísimo. En Centro América, la *Bambusa aculatea* que era antes abundante en varios países, ha sido completamente eliminada en algunas áreas, McClure (4). En Colombia la *Bambusa guadua* tiende a

ser exterminada en el valle geográfico del Río Cauca y en las fértiles áreas del Quindío, donde además se vende para ser empleada como combustible en hornos de la industria panelera.

Debido a que la *Bambusa guadua, la B. aculatea y la B. amplexifolia* se consideran como plantas indicadoras de tierras aptas para el cultivo del banano, la United Fruit Company, en sus primeras exploraciones en latinoamérica, transformó grandes extensiones de "guaduales" en plantaciones de banano. En contraposición a lo anterior la *Bambusa vulgaris* ha sido naturalizada en Jamaica donde como caso curioso se propagó de las estacas verdes que se llevaron de otros países con el propósito de que sirvieran de soporte o tutores a las enredaderas del ñame. Muchas de estas estacas germinaron y hoy el bambú cubre grandes extensiones. McClure (4). En Argentina se introdujeron especies como la *Phyllostachys aurea, P. bambusoides, P. nigra, Bambusa vulgaris* y *B. tuldoides*. que han encontrado notable utilidad en la economía local.

1.4.1.2 Géneros y Especies

Los géneros y especies que a continuación se indican como nativos de América, corresponden a la última clasificación hecha por McClure en su libro Genera of Bamboos Native to the New World (Gramineae: Bambusoideae), editado por Thomas R. Soderstrom, e impreso por Smithsonian Institution Press en 1973. (4)

En la nueva clasificación se consideran 17 géneros incluyendo 4 nuevos y 4 nuevas especies.

APOCLADA **McClure**

Distribución: Brasil

1. *A. arenicola* McClure, Nuevas especies.
2. *A. cannavieira* (Alvaro da Silveira) McClure, nueva combinación.
3. *A. diversa* McClure y Smith en Reitz, ed 1967: 62
4. *A. simplex* McClure y Smith en Reitz, ed 1967: 59.

ARTHROSTYLIDIUM **Ruprecht**

Distribución: Brasil (1), Vénezuela (4), Cuba (8) y otras islas del Caribe.

1. *A. angustifolium* Nash 1903:172
2. *A. cacuminis* McClure, en Maguire, Wurdack, et al., 1964: 3.
3. *A. capillifolium* Grisebach, 1862: 531.
   Arundinaria capillifolia (Grisebach) Hackel, 1903a : 69
4. *A. cubense* Ruprecht, 1839 : 28, pl. iv :
   Arundinaria cubense (Ruprecht) Hackel, 1903 a : 69.
5. *A. distichum* Pilger, en Urban, ed., 1900 — 1901 : 342.
6. *A. ekmanii* Hitchcock, 1936 : 16.
7. *A. excelsum* Grisebach, 1864 : 529.
   Arundinaria excelsa (Grisebach) Hackel, 1903 a : 69.
8. *A. fimbriatum* Grisebach, 1862 : 531.
9. *A. haitiense* (Pilger) Hitchcock y Chase, 1917: 399.
10. *Arundinaria haitiensis* Pilger, en Urban, ed., 1907 : 288.
10. *A. longiflorum* Munro, 1868 : 41.
    Arundinaria longiflora (Munro) Hackel, 1903a : 69.
    Guadua exalata Doell, en Martius, 1880 : 181.
11. *A. multispicatum* Pilger, en Urban, ed., 1900—1901 : 341.
    Arundinaria multispicata (pilger) Hackel, 1903 a : 69.
12. *A. obtusatum* Pilger, en Urban, ed., 1900—1901 : 340.
    Arundinaria obtusata (Pilger) Hackel, 1903a : 69.
13. *A. pubescens* Ruprecht, 1839 : 29, pl.
    Arundinaria pubescens (Ruprecht) Hackel, 1903a : 69.
14. *A. reflexum* Hitchcock y Ekman, en Hitchcock, 1936 : 19.

15. *A. sarmentosum* Pilger en Urban, ed, 1903 : 108; Chase, 1914 : 278, pl. 21.
16. *A. scandens* McClure, en Maguire, Wurdack, et al., 1964 : 4.
17. *A. schomburgkii* (Bennett) Munro, 1868 : 41. *Arundinaria schomburgkii* Bennett, en Schomburgk, 1841 : 562.
18. *A. simpliciusculum* (Pilger) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria simpliciuscula Pilger, 1920 : 29
19. *A. urbanii* Pilger, en Urban, ed., 1900—1901 : 339.
20. *A. venezuelae* (Steudel) McClure, 1942 : 172
    Chusquea? venezuelae Steudel, 1854 : 337.
    ? Arundinaria standleyi Hitchcock, 1927a: 79.

Especies excluídas del género *Arthrostylidium*

1. *A. ampliflorum.* Ver *Rhipidocladum ampliflorum.*
2. *A. amplissimum.* Ver *Aulonemia amplissima*
3. *A. angustiflorum.* Ver *Rhipidocladum angustiflorum.*
4. *A. aristatum.* Ver *Aulonemia setigera.*
5. *A. bartlettii.* Ver *Rhipidocladum bartlettii.*
6. *A. burchellii.* Ver *Colanthelia burchellii.*
7. *A. effusum.* Ver *Aulonemia effusa.*
8. *A. geminatum* Ver *Rhipidocladum geminatum*
9. *A. haenkei.* Ver *Aulonemia haenkei.*
10. *A. harmonicum.* Ver *Rhipidocladum harmonicum.*
11. *A. leptophyllum.* es: *Chusquea leptophylla Nees.*
12. *A. longifolium.* Ver *Bambusa (sg. Guadua) longifolia.*
13. *A. maculatum.* Ver *Aulonemia parviflora.*
14. *A. maxonii.* Ver *Rhipidocladum maxonii.*
15. *A. pittieri.* Ver *Rhipidocladum pittieri.*
16. *A. prestoei.* Ver *Rhipidocladum prestoei.*
17. *A. purpuratum.* Ver *Aulonemia purpurata.*
18. *A. queko (como quexo).* Ver *Aulonemia queko.*
19. *A. racemiflorum.* Ver *Rhipidocladum racemiflorum.*
20. *A. spinosum.* Ver *Bambusa (Guadua) longifolia.*
21. *A. steyermarkii.* Ver *Aulonemia steyermarkii.*
22. *A. subpectinatum.* Ver *Aulonemia subpectinata.*
23. *A. trinii.* Ver *Rhipidocladum parviflorum.*

ARUNDINARIA **Michaux.**

Distribución: Estados Unidos, (Asia).

1. *A. gigantea.* (Walter) Muhlenberg, 1813 : 14
   Basionym :
   Arundo gigantea Walter, 1788 : 81.
2. *Arundo tecta* Walter, 1788 : 81.
3. *Festuca grandiflora* Lamarck, 1791 : 191.
4. *A. macrosperma* Michaux, 1803, I : 74
5. *Triglossum bambusinum* Fischer, 1812 : 6.
6. *A. tecta* (Walter) Muhlenberg, 1813 : 14.
7. *A. bambusina* (Fischer) Trinius, 1820 : 97.
8. *Miegia pumila* Nuttall, 1837 149 (nombre - falso).
9. *A. tecta β. pumila* Ruprecht, 1839 : 22.
10. *A. tecta γ. distachya* Ruprecht, 1839 : 22.
11. *A. tecta δ? colorata* Ruprecht, 1839 : 22
12. *A. macrosperma α arborescens* Munro, 1868 : 15.
13. *A. macrosperma β suffruticosus* Munro, 1868 : 15.
14. *A. macrosperma β tecta* Wood, 1871 : 404.
15. *A. gigantea tecta* (Walter) Scribner, en - Kearmey, 1893 : 478.
16. *A. tecta var. decidua* Beadle, en Bailey, 1914 : 446.

Ver especies de Asia.

Especies excluídas del Género *Arundinaria*

1. *A. acuminata.* Ver *Yushania acuminata.*
2. *A. amplissima.* Ver *Aulonemia amplissima.*
3. *A. aristulata.* Ver *Aulonemia aristulata.*
4. *A? attenuata* Doell; species sedis mihi incertae etiam nunc manet.
5. *A. burchellii.* Ver *Colanthelia burchellii.*
6. *A. cannavieira.* Ver *Apoclada cannavieira.*
7. *A. capillifolia* es *Arthrostylidium capillifolium* Grisebach.
8. *A. cubensis* es *Arthrostylidium cubense* Ruprecht.
9. *A? decalvata* Doell; species sedis mihi incertae etiam nunc manet.
10. *A. deflexa.* *Aulonemia deflexa.*
11. *A. distans.* Ver *Colanthelia distans.*
12. *A. effusa.* Ver *Aulonemia effusa.*
13. *A. excelsa.* Ver *Arthrostylidium venezuelae.*
14. *A. fimbriata* es *Arthrostylidium fimbriatum* Grisebach.
15. *A. flabellata;* species sedis mihi incertae etiam nunc manet.
16. *A. glaziovii.* Ver *Aulonemia glaziovii.*
17. *A. glaziovii var. macroblephara.* Ver *Aulonemia ramosissima.*
18. *A. goyazensis.* Ver *Aulonemia goyazensis.*
19. *A. haenkei.* Ver *Aulonemia haenkei.*
20. *A. haitiensis* es *Arthrostylidium haitiensis* (Pilger) Hitchcock y Chase.
21. *A. herzogiana.* Ver *Aulonemia herzogiana.*
22. *A. hirtula.* Ver *Aulonemia hirtula.*

23. *A. humillima.* Ver *Aulonemia humillima.*
24. *A. leptophylla* es *Chusquea leptophylla Nees.*
25. *A. longiflora* es *Arthrostylidium longiflorum* Munro.
26. *A. longifolia.* Ver *Bambusa (Guadua) longifolia.*
27. *A. macrostachya.* Ver *Colanthelia macrostachya.*
28. *A. maculata.* Ver *Aulonemia parviflora.*
29. *A. microclada* es *Chusquea abietifolia* Grisebach.
30. *A. mirabilis* es *Glaziophyton mirabile* Franchet.
31. *A. mucronata.* Ver *Aulonemia aristulata.*
32. *A. multiflora* es sinónimo de *Arundinaria trianae, q. v.* infra.
33. *A. multispicata* es *Arthrostylidium multispicatum* Pilger.
34. *A. obtusata* es *Arthrostylidium obtusatum* Pilger.
35. *A. parviflora.* Ver *Rhipidocladum parviflorum.*
36. *A. patula.* Ver *Aulonemia patula.*
37. *A. pinifolia* es *Chusquea pinifolia* (Nees) Nees.
38. *A. pittieri.* Ver *Rhipidocladum pittieri.*
39. *A. prestoei.* Ver *Rhipidocladum prestoei.*
40. *A. pubescens* es *Arthrostylidium pubescens* Ruprecht.
41. *A. queko. Ver Aulonemia queko.*
42. *A. radiata, Ver Aulonemia radiata.*
43. *A. ramosissima. Ver Aulonemia ramosissima.*
44. *A. rhizantha. Ver Colanthelia rhizantha.*
45. *A. schomburgkii* es *Arthrostylidium schomburgkii.* (Bennett) Munro.
46. *A. setifera.* Ver *Aulonemia haenkei.*
47. *A. setigera.* Ver *Aulonemia setigera.*
48. *A. simpliciuscula.* Ver *Arthrostylidium simpliciusculum.*
49. *A. sodiroana.* Ver *Aulonemia sodiroana.*
50. *A. standleyi.* Ver *Arthrostylidium venezuelae.*
51. *A. trianae. Ver Aulonemia trianae.*
52. *A. ulei.* Ver *Aulonemia ulei.*
53. *A. urbanii.* Ver *Arthrostylidium urbanii.*
54. *A. verticillata.* Ver *Rhipidocladum verticillatum.*
55. *A. viscosa.* Ver *Aulonemia viscosa.*

ATHROOSTACHYS **Bentham**

Distribución : Brasil

1. *Athroostachys capitata* (Hooker) Bentham (en Bentham y Hooker, 1883 : 1208).
   Merostachyz capitata Hooker (1840 : pl. 273 - 274); Munro (1868 : 50); Doell (en Martius, 1880 : 216); Ekman (1913 : 64).
   Chusquea fimbriata Steudel (1854 : 338).
   Cootipos de *Merostachys capitata : Gardner. 136 (BM); Tweedie 1324 (BM);*
   Tipo de *Chusquea fimbriata :* Riedel s.n. (P).

ATRACTANTHA **McClure** - Nuevo Género

Distribución : Brasil.

1. *A. falcata* McClure - nuevas especies.
2. *A. radiata.* McClure - nuevas especies.

AULONEMIA **Goudot**

Distribución: Colombia a 2.800 mts. (3), Brasil, entre 800 y 2.800 mts. (10); Bolivia a 3.200 mts. (1); Perú, entre 1.500 y 3.000 mts. (4); Ecuador, entre 1.800 y 3.000 mts. (1); Venezuela, entre 1.900 y 2.760 (1); Guayana, 2.700 mts. (1); Costa Rica, entre 1.800 y 2.700(1); Méjico, 2.200 mts.(1).

1. *A. amplissima* (Nees) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria amplissima Nees, 1834 : 479.
   Arthrostylidium amplissimum (Nees) McClure, en Steyermark, et al., 1951 : 33.
2. *A. aristulata* (Doell) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria aristulata Doell, en Martius, 1880 : 165.
   Sieglingia aristulata (Doell) Kuntze, 1898; III (3) : 341.
   Arundinaria mucronata Munro ex E.G. Camus, 1912 : 244.
3. *A. deflexa* (N.E. Brown) McClure, nueva combinación
   Arundinaria deflexa N. E. Brown, 1901 ; 75.
4. *A. effusa* (Hackel) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria effusa Hackel, 1903a : 71.
   Arthrostylidium effusum (Hackel) McClure, en Steyermark, et al., 1951 : 31.
5. *A. glaziovii* (Hackel) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria glaziovii Hackel, 1903a : 72.
6. *A. goyazensis* (Hackel) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria goyazensis Hackel, 1903a : 71.
7. *A. haenkei* (Ruprecht) McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium haenkei Ruprecht, 1839 : 27
   Arundinaria haenkei (Ruprecht) Hackel, 1903 : 69.
   Arundinaria setifera Pilger, 1905 : 145.

8. *A. herzogiana* (Henrard) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria herzogiana Henrard, en Herzog, 1921 : 75.
9. *A. hirtula* (Pilger) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria hirtula Pilger, 1921 : 445.
10. *A. humillima* (Pilger) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria humillima Pilger, en Engler y Prantl, 1906 : 100.
11. *A. laxa* (F. Maekawa) McClure, nueva combinación.
    Matudacalamus laxus F. Maekawa 1961 : 345.
12. *A. parviflora* (Presl) McClure, nueva combinación.
    Guadua parviflora, J.S. Presl, en K.B. Presl, 1825 — 1835, I (4—5) : 257.
    Bambusa parviflora (Presl) J.A y J.H. Schultes, en Roemer y Schultes, 1830, 7 (2) : 1350.
    Arthrostylidium maculatum Ruprecht, 1839 : 28.
    Arundinaria maculata (Ruprecht) Hackel, 1903a : 69.
13. *A. patula*(Pilger) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria patula Pilger, 1898 : 719.
14. *A. purpurata* (McClure) McClure, nueva combinación.
    Arthrostylidium purpuratum McClure, 1942 : 170.
15. *A. queko* Goudot, 1846 : 76, pl. 4.
    Arthrostylidium queko (Goudot) Hackel, en Engler y Prantl, 1887 : 93 (sphalm quexo).
    Arundinaria queko Goudot Hackel, 1903 : 74.-
16. *A. radiata* (Ruprecht) McClure y L.B. Smith, en Reitz, ed., 1967 : 56.
    Arundinaria radiata, Ruprecht 1839 : 25
17. *A. ramosissima* (Hackel) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria ramosissima Hackel, 1903a : 74.
    Arundinaria glaziovii var. macroblephara E.G. Camus, 1913, I : 41.
18. *A. setigera* (Hackel) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria setigera Hackel, 1903a : 73.
    Arthrostylidium aristatum Glaziou ex E.—G. Camus, 1913; I : 67.
19. *A. sodiroana* (Hackel) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria sodiroana Hackel, 1930a : 70.
20. *A. steyermarkii* (McClure) McClure, nueva combinación.
    Arthrostylidium steyermarkii McClure, en Steyemark, et al., 1951 : 31.
21. *A. subpectinata* (O. Kuntze) McClure, nueva combinación.
    Arthrostylidium subpectinatum O. Kuntze, 1891, II : 760.
22. *A. trianae* (Munro) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria trianae Munro, 1868 : 25.
    Arundinaria multiflora Doell, en Martius,- 1880 : 166.
23. *A. ulei* (Hackel) McClure y L.B. Smith, en Reitz, ed., 1967 : 57.
    Arundinaria ulei Hackel, 1903a : 75.
    Species sedis mihi etiam nunc incertae manet.-
24. *A. viscosa* (Hitchcock) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria viscosa Hitchcock, 1927a : 79.

Especies excluídas del Género *Aulonemia*.

1. *A. cingulata*. Ver *Colanthelia cingulata*
2. *A. intermedia*. Ver *Colanthelia intermedia*.
3. *A. lanciflora*. Ver *Colanthelia lanciflora*.

BAMBUSA **Schreber**, Subgénero *Guadua* (Kunth) Hackel.

Distribución: Se extiende desde Méjico, todos los países de Centroamérica y Suramérica con excepción de Chile.

1. *Bambusa aculeata* (Ruprecht) Hitchcock (como bambúes), 1913 : 387.
   Guadua aculeata Ruprecht ex Fournier, 1881 : 130.
   Guadua aculeata var. liebmanniana E.—G. - Camus, 1913; I : 112.
   Guadua inermis Ruprecht ex Fournier, 1881 : 129.
   Guadua intermedia Ruprecht ex Fournier, 1881 : 130
2. *B. amplexifolia* (Presl) Shultes f., en Roemer y Schultes, 1830 : 1348.
   Guadua amplexifolia Presl, 1830 : 256.
3. *B. barbata* Trinius, 1835 : 627.
   Nastus barbatus (Trinius) Ruprecht, 1839 : 41, pl. 17.
4. *B. capitata* Trinius, 1835 : 626; 1836, III pl. 337.
   Schizostachyum capitatum (Trinius) Ruprecht, 1839 (1840 : 136—137 pl. 17).
   Guadua? capitata (Trinius) Munro. 1868 : 81.
5. *B. distorta* Nees, 1834 : 470.
   Guadua distorta (Nees) Ruprecht, 1839 : 131, pl. 16.
6. *B. glaziovii* Hackel, 1903c : 194.
   Guadua glaziovii (Hackel) E.—G. Camus (como glaziowii), 1913, 1: 108.

7. *B. glomerata* (Munro) McClure, nueva combinación.
   Guadua glomerata Munro, 1868 : 79.
8. *B. guadua* Humboldt y Bonpland, 1808 : 63, pl. 20.
   Guadua angustifolia Kunth, 1822b : 253.
   Nastus guadua (Humboldt et Bonpland) Sprengel, 1825, vol. 2 : 113.
9. *B. latifolia* Humboldt y Bonpland 1808 : 67, pl. 21.
   Guadua latifolia (Humboldt y Bonpland) Kunth 1822 : 254.
   Nastus latifolia (!) (Humboldt y Bonpland) Sprengel, 1825, II : 113.
10. *B. longifimbriata* (E.—G. Camus) McClure, nueva combinación.
    Guadua longifimbriata E.G. Camus, 1913, I : 113.
11. *B. longifolia* (Fournier) McClure, nueva combinación.
12. *B. macrostachya* (Ruprecht) McClure, nueva combinación.
    Guadua macrostachya Ruprecht, 1839 : 39, pl. 15.
    Guadua dioica Steudel, 1854 : 334, teste Doell, en Martius, 1880 : 182.
13. *B. maculosa* Hackel, 1903c : 196.
    Guadua maculosa (Hackel) E.—G. Camus, 1913, I : 106.
14. *B. paniculata* (Munro) Hackel, 1903c : 195.
    Guadua paniculata Munro, 1868 : 85.
    Bambusa munroi Hackel, 1909b : 374.
15. *B. paraguayana* (Doell) Bertoni, 1918 : 159.
    Guadua paraguayana Doell, en Martius, 1880 : 179.
16. *B. refracta* (Munro) McClure, nueva combinación.
    Guadua refracta Munro, 1868 : 84
17. *B. spinosissima* Hackel, 1903c : 197.
    Guadua spinosissima (Hackel) E.—G. Camus, 1913; I : 112.
18. *B. superba* (Huber) McClure, nueva combinación.
    Guadua superba Huber, 1904 : 479.
19. *B. swalleniana* McClure, nuevo nombre.
    Guadua spinosa (Swallen) McClure, 1954 : 82. (no *Bambusa spinosa* Roxburgh, 1832 : 198).
    Arthrostylidium spinosum Swallen, 1938 : 6.
20. *B. tagoara* Nees, en Martius, 1829 : 532.
    Guadua tagoara (Nees) Kunth, 1834 : 611.
21. *B. tessmannii* (Pilger) McClure, nueva combinación.
    Guadua tessmannii Pilger, 1924 : 124.
22. *B. tomentosa* (Hackel y Lindman) McClure,- nueva combinación.
    Guadua tomentosa Hackel y Lindman, en Lindman, 1900 : 20 pl. 12.
23. *B. trinii* Nees, 1834 : 469.
    Guadua trinii (Nees) Nees ex Ruprecht, 1839 : 40. pl. 15.
    Guadua trinii var. scabra Doell, en Martius, 1880 : 179. β
    Bambusa tacuara Arechavaleta, 1897 : 550, pl. 72; teste Parodi, 1936 : 239.
24. *B. riograndensis* Dutra, 1938 : 147.
    Guadua riograndensis (Dutra) Herter, 1941:49
    Guadua ribbentropii Herter, 1940 : 148. (Basado en *Bambusa tacuara* Arechavaleta.
25. *B. venezuelae* (Munro) McClure, nueva combinación.
    Guadua venezuelae Munro, 1868 : 86.
26. *B. virgata* Trinius, 1835, : 624.
    Guadua virgata (Trinius) Ruprecht, 1839 : 40.
27. *B. weberbaueri* (Pilger) McClure, nueva combinación.
    Guadua weberbaueri Pilger, 1905 : 152.
28. *B. philippinensis* (Gamble) McClure, nueva combinación.
    Guadua philippinensis Gamble, 1913 : 203

Especies excluídas del Sub-Género *Guadua*

1. *G. exalata* Doell (en Martius, 1880 : 181) es *Arthrostylidium longiflorum* Munro (1868:41).
2. *G.? flabellata* Fournier (1881 : 131).
   Arundinaria flabellata (Fournier) McClure (en Maguire, Wurdack, et al., 1964 : 162), species sedis mihi etiam nunc incertate; fortasse ad genus *Yushaniam* subgenus *Otateam attinit.*
3. *G. pallescens* Doell (en Martius 1880 : 186) sinónimo *Bambusa pallescens* (Doell) Hackel (1908 : 160), identificado por Bentham (en Bentham y Hooker, 1883 : 1210) como *Bambusa pallida* Munro, es *Bambusa tuldoides* Munro (1868 : 93), especie nativa de Oriente naturalizada en Brasil.
4. *G. parviflora* J.S. Presl (en K.B. Presl , 1830 : 257.)Ver *Aulonemia parviflora* (Presl) McClure.
5. *G. perligulata* Pilger (en Diels, 1937 : 8) es *Chusquea perligulata* (Pilger) McClure, nueva combinación.

Especies sin definir.

1. *Bambusa chacoensis* Rojas, 1918 : 157
2. *Guadua fascicularis* Doell, en Martius, 1880 : 186.
3. *Guadua lindmani* E.—G. Camus, 1913 : I : 113
   Guadua sp., Lindman, 1900 : 22, pl. 11c.
4. *Guadua polyclados* Doell, en Martius 1880 : 182.

CHUSQUEA **Kunth**

Distribución: Se extiende desde Méjico hasta Chile y Argentina como también en muchas islas.

1. *Ch. abietifolia* Grisebach, 1864 : 529.
   Arundinaria (Arthrostylidium ?) microclada Pilger, en Urban, ed., 1907 : 289.
2. *Ch. acuminata* Doell, in Martius, 1880 : 204.
   Chusquea tenuis Glaziou ex E.G. Camus, 1913, I : 90.
3. *Ch. affinis* Munro ex E.—G. Camus, 1913, I : 80, pl. 60
4. *Ch. andina* R.A. Philippi, 1858 : 103.
5. *Ch. anelythra* Nees, 1834 : 491.
6. *Ch. anelytroides* Ruprecht ex Doell en Martius, 1880 : 206.
7. *Ch. argentina* Parodi, 1941 : 339, pl. 24 :
8. *Ch. bambusoides* (Raddi) Hackel en Wettstein ed., 1908 : 81.
   Rettbergia bambusaeoides Raddi, 1823 : 18,57 pl. 1.
   Chusquea gaudichaudii Kunth, 1829 : 138. Nomen nudum.
   Chusquea gaudichaudii Kunth, 1830 : 331 — 332, pl. 78.
   Nastus bruneus A.N. Desvaux, 1831 : 211.
9. *Ch. bambusoides var. minor* McClure y Smith, en Reitz, ed., 1967 : 25.
10. *Ch. bilimekii* Fournier, 1881 : 132.
11. *Ch. capitata* Nees, 1834 : 489.
    Rettbergia capitata Nees fué citada como sinónimo de *Ch. capitata* en Munro (1868 : 69) y Doell (en Martius, 1880 : 196).
12. *Ch. capituliflora* Trinius, 1835 : 613.
13. *Ch. capituliflora var. pubescens* McClure y Smith, en Reitz, ed., 1967 : 28.
14. *Ch. carinata* Fournier, 1881 : 132.
15. *Ch. culeou* Desvaux, en Gay, 1854 : 450.
16. *Ch. culeou* forma *longiramea* Parodi, 1941 : 343.
17. *Ch. cumingii* Nees, 1835 : 487.
    Chusquea parvifolia R.A. Philippi, 1864 : 299.
18. *Ch. decolorata* Munro ex Parodi, 1945 : 65-66.
19. *Ch. deficiens* Parodi, 1941 : 335 - 338.
20. *Ch. delicatula* Hitchcock, 1927b : 309 - 310.
21. *Ch. discolor* Hackel, 1903b : 155
22. *Ch. dombeyana* Kunth, 1832 : 553, pl. 191.
23. *Ch. fasciculata* Doell, en Martius, 1880 : 202 - 203, pl. 54.
24. *Ch. fendleri* Munro, 1868 : 61.
25. *Ch. fernandeziana* R.A. Philippi, 1873 : 577 - 578.
    (Puede ser la misma C. *Lingulata Munro)*
26. *Ch. galeottiana* Ruprecht ex Munro, 1868 : 59.
    Ch. galeottiana Ruprecht, en Galeotti, 1842 : 246. Nomen nudum.
27. *Ch. gracilis* McClure y Smith en Reitz, ed., 1967 : 43-44 pl. 8i-k.
28. *Ch. heydei* Hitchcock, 1927a : 80-81.
29. *Ch. huantensis* Pilger, 1920 : 29-30.
30. *Ch. ibiramae* McClure y Smith, en Reitz, ed., 1967 : 40-42. pl. 8d - f.
31. *Ch. inamoena* Pilger, 1905 : 150-151.
32. *Ch. jamesonii* Steudel, 1854 : 337
33. *Ch. juergensii* Hackel, 1909a : 325-326.
34. *Ch. lanceolata* Hitchcock, 1935 : 145-146.
35. *Ch. lehmannii* Pilger, 1899 : 35-36.
    Ch. pilgeri E. G. Camus 1913, I : 83
36. *Ch. leptophylla* Nees 1835 : 489.
    Arthrostylidium trinii sensu Steudel, 1854 : 336, in part, non Ruprecht, 1839 : 119.
    Arthrostylidium (?) leptophyllum (Nees) Doell, en Martius, 1880 : 175-176.
37. *Ch. liebmannii* Fournier, 1881 : 132.
38. *Ch. lingulata* Munro, 1868 : 62.
39. *Ch. linearis* N.E. Brown, 1901 : 76, (Probablemente igual *Ch. pinifolia* (Nees) Nees).
40. *Ch. longifolia* Swallen, 1940 : 210.
41. *Ch. longipendula* Kuntze, 1898, III (3) : 348-349.
42. *Ch. lorentziana* Grisebach, 1874 : 249-250.
43. *Ch. macrostachya* R.A. Philippi, 1896 : 350-351.
44. *Ch. mexicana* Hackel, 1902 : 256.
45. *Ch. meyeriana* Ruprecht ex Doell, in Martius, 1880 : 203-204.
46. *Ch. mimosa* McClure y Smith, en Reitz, ed., 1967 : 37.
47. *Ch. montana* R.A. Philippi, 1864 : 298-299.
48. *Ch. muelleri* Munro, 1868 : 65.
49. *Ch. nelsonii* Scribner y Smith, 1897 : 16.
50. *Ch. nigricans* R.A. Philippi, 1865 : 323-324.
51. *Ch. oligophylla* Ruprecht, 1839 : 124.
52. *Ch. oxylepis* (Hackel) Ekman, 1913 : 65.
    Ch. bambusoides (Raddi) Hackel subsp. *Oxylepis Hackel*, en Wettstein, ed., 1908: 81-82
53. *Ch. palenae* R.A. Philippi, 1896 : 350.
54. *Ch. pallida* Munro, 1868 : 65.
55. *Ch. parviflora* R.A. Philippi, 1896 : 349-350.
56. *Ch. perligulata* (Pilger) McClure, nueva combinación.
    Guadua (?) perligulata Pilger, en Diels, 1937 : 57-58.
57. *Ch. peruviana E.—G. Camus*, 1913; I : 88.
    Ch. ramosissima Pilger, 1905 : 145, no Lindman 1900 : 24.
    Ch. sandiensis Pilger, 1920 : 29.
58. *Ch. picta* Pilger, 1905 : 151.

59. *Ch. pinifolia* (Nees) Nees, 1834 : 490.
Arundinaria pinifolia Nees, en Martius, 1829: 525.
? Ludolfia pinifolia (Nees) A. Dietrich, 1833, 11 : 25.
Ch. heterophylla Nees, 1834 : 488.
Ch. heterophylla var. elongata Doell, en Martius, 1880 : 207.
Ch. heterophylla var. microphylla Doell, en Martius, 1880 : 207.
Ch. heterophylla var. squamosa Doell, en Martius, 1880 : 207.
Ch. pinifolia var. heterophylla (Nees) Hackel, en Wettstein, ed., 1908 (1906 : 21).
60. *Ch. pittieri* Hackel, 1903b : 153-154.
Ch. maurofernandeziana Hackel ex Pittier, 1892 : 64, nomen nudum.
Ch. maurofernandeziana Hackel ex E.—G. Camus, 1913, I : 86. pl. 56c.
61. *Ch. polyclados* Pilger, 1905 : 147
62. *Ch. pubescens* Steudel, 1854 : 337.
63. *Ch. pubispicula* Pilger, 1905 : 148-149
64. *Ch. purdieana* Munro, 1868 : 56.
65. *Ch. quila Kunth*, 1830 : 329-330.
Nastus prolifer Desvaux, 1831 : 211.
Coliquea quila Steudel, en Bibra, 1853 : 115.
Ch. quila var. laxiflora Desvaux, en Gay, 1854 : 447.
Ch. intermedia Steudel, en Lechler, 1857 : 52, nomen nudum.
Ch. quila var. longipila E.—G. Camus, 1913, I : 198, nomen nudum.
66. *Ch. ramosissima* Lindman, 1900 : 24.
Ch. phacellophora Pilger, 1923 : 456.
67. *"Chusquea" rollotii* Berry, 1929 : 2-3.
Esta es una especie fosilizada; su descripción se basó en fragmentos pétreos de la era terciaria (Colombia).
68. *Ch. scandens* Kunth, 1822 : 254.
Nastus chusque Humboldt, Bonpland y Kunth, 1816 : I : 201.
Bambos chusque Poiret, 1817 : 494.
Ch. jamesonii Steudel, 1854 : 337.
Ch. quitensis Hackel, en Sodiro, 1889 : 484, nomen nudum.
Ch. quitensis Hackel, 1903b : 154.
Ch. quitensis var. patentissima Hackel, 1908 : 161.
Ch. meyeriana var. patentissima (Hackel) E—G Camus, 1913, I : 94.
69. *Ch. sclerophylla* Doell, en Martius, 1880 : 200.
70. *Ch. sellowii* Ruprecht, 1839 (1840 : 125, pl.11).
71. *Ch. serrulata* Pilger, 1898 : 719-720.
72. *Ch. simpliciflora* Munro, 1868 : 54.
Ch. simplicifolia Munro ex Hemsley, en Godman y Salvin, ed., 1885 : 587, error por *Ch. simpliciflora* Munro.
73. *Ch. sneidernii* Asplund, 1939 : 797 - 799
74. *Ch. spadicea* Pilger, 1899 : 35.
75. *Ch. spencei* Ernst, 1872 : 262.
76. *Ch. spinosa* Fournier, 1881 : 131.
77. *Ch. straminea* Pilger, 1905 : 147-148.
78. *Ch. sulcata* Swallen, 1940 : 209.
79. *Ch. swallenii* McClure y Smith en Reitz, ed., 1967 : 44-45-48.
80. *Ch. tarmensis* Pilger, 1905 : 151.
81. *Ch. tenella* Nees, 1834 : 492-493.
82. *Ch. tenella var. latifolia* Dutra, 1938 : 146.
83. *Ch. tenuiflora* R.A. Philippi, 1859 : 206.
Ch. ciliata R.A. Philippi, 1864 : 299.
84. *Ch. tenuiglumis* Doell, en Martius, 1880 : 199-200.
85. *Ch. tenuiglumis var. laxiuscula* Doell, en Martius, 1880 : 200.
86. *Ch. tenuiglumis var. subcylindrica* Doell, en Martius, 1880 : 199-200.
87. *Ch. tonduzii* Hackel, 1903b : 155
88. *Ch. tuberculosa* Swallen, 1931 : 14.
Ch. hispida McClure, 1942 : 179.
89. *Ch. uliginosa* R.A. Philippi, 1859 : 207.
90. *Ch. uniflora* Steudel, 1854 : 337.
91. *Ch. urelytra* Hackel, 1903 b : 158.
92. *Ch. uruguayensis* Arechavaleta, 1897 : 546-547
93. *Ch. valdiviensis* E. Desvaux, en Gay, 1854 : 446.
94. *Ch. virgata* Hackel, 1903 b : 156-157.
95. *Ch.? wettsteinii* Hackel, en Wettstein, ed., 1908 (1906 : 21-22).
96. *Ch. wilkesii* Munro, 1868 : 63.

Especies excluídas del Género *Chusquea*

1. *Ch. amplopaniculata* Steudel (1854 : 337) es *Dinochloa scandens* (Blume) O. Kuntze.
2. *Ch. aristata.* Ver *Neurolepis aristata.*
3. *Ch. depauperata.* Ver *Swallenochloa depauperata.*
4. *Ch. fimbriata.* Ver *Athroostachys capitata.*
5. *Ch. glomerata* Munro (1868 : 50) (como sinónimo de *Merostachys capitata* Hooker). Ver *Athroostachys capitata.*
6. *Ch. humilis.* Ver *Swallenochloa spicata.*
7. *Ch. simplissima.* Ver *Swallenochloa spicata.*
8. *Ch. spicata.* Ver *Swallenochloa spicata.*
9. *Ch. subtessellata.* Ver *Swallenochloa subtessellata.*
10. *Ch. tessellata.* Ver *Swallenochloa tessellata*
11. *Ch. venezuelae.* Ver *Arthrostylidium venezuelae.*
12. *Ch. weberbaueri.* Ver *Swallenochloa weberbaueri.*

Especies invalidadas del Género *Chusquea*

1. *Ch. caamanoi* Sodiro (1881 : 11). Nomen nudum.

COLANTHELIA **McClure y E. W. Smith, nuevo Género.**

Distribución: Brasil.

1. *C. burchellii* (Munro) McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium burchellii Munro 1868 : 43.
   Arundinaria burchellii (Munro) Hackel, 1903a : 69.
2. *C. cingulata* (McClure y L. B. Smith) McClure, nueva combinación.
   Aulonemia cingulata McClure y L.B. Smith, en Reitz, ed., 1967 : 50.
3. *C. distans* (Trinius) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria distans Trinius, 1835 : 621.
4. *C. intermedia* (McClure y L.B. Smith) McClure nueva combinación.
   Aulonemia intermedia McClure y L.B. Smith, en Reitz, ed., 1967 : 52.
5. *C. lanciflora* (McClure y L.B. Smith) McClure, nueva combinación.
   Aulonemia lanciflora McClure y L.B. Smith, en Reitz, ed., 1967 : 47.
6. *C. macrostachya* (Nees) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria macrostachya Nees, 1834 : 481.
7. *C. rhizantha* (Hackel) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria rhizantha Hackel, 1909a : 323.

ELYTROSTACHYZ **McClure**

Distribución Colombia, Venezuela y países localizados al norte de Honduras. Se desarrolla entre los 200 y 1500 metros particularmente a la orilla de los ríos.

1. *E. clavigera* McClure
2. *E. typica* McClure

GLAZIOPHYTON **Franchet**

Distribución: Brasil

1. *G. mirabile* Franchet McClure, 1957 : 203.

MEROSTACHYS **Sprengel**

Distribución: Desde Argentina hasta Guatemala y Honduras Británicas. Elevaciones moderadas hasta los 1.500 mts.

1. *M. anomala* Dutra, 1938 : 151. Ver *Merostachys multiramea.*
2. *M. argyronema* Lindman, 1900 : 22 pl. 15.
3. *M. bradei* Pilger, 1927 : 114 Ver *Merostachys pluriflora.*
4. *M. brevispica* Munro, 1868 : 49.
5. *M. burchellii* Munro, 1868 : 51.
6. *M. ciliata* McClure y Smith, en Reitz, 1967 : 71, pl. 12 D—H.
7. *M. claussenii* Munro, 1868 : 48
   ? *M. claussenii β mollior* Doell, en Martius, 1880 : 214.
8. *M. exserta Munro* ex E.G. Camus, 1913, I : 74, pl. 44A.
9. *M. fischeriana* Ruprecht ex Doell, en Martius, 1880 : 215.
10. *M. fistulosa* Doell, en Martius, 1880 : 209,— pl. 55.
11. *M. glauca* McClure y Smith en Reitz, 1967 : 74, pl. 12N.
12. *M. kunthii* Ruprecht, 1839 : 37, pl. 10.
    M. speciosa sensu Kunth, 1830 : 333, pl. 79. (Non Sprengel, teste Ruprecht).
13. *M. maguireorum* McClure, en Maguire, — Wurdack, et al., 1964 : 5.
14. *M. multiramea* Hackel, 1909a : 326.
    M. anómala Dutra, 1938 : 151.
15. *M. neesii* Ruprecht, 1839 : 37, pl. 10.
    M. speciosa sensu Nees, en Martius, 1829: 527 (Non Sprengel, teste Ruprecht).
16. *M. pauciflora* Swallen. 1943 : 469.
17. *M. petiolata* Doell, en Martius, 1880 : 216.
18. *M. pluriflora* Munro ex E.G. Camus, 1913, I:77.
    Bambusa pubescens Doell, en Martius, 1880 : 189, pl. 51 : E.—G. Camus 1913, I : 124. (Non Loddiges ex Lindley, 1835, III : 357).
    Brasilocalamus pubescens (Doell) Nakai, 1933 : 10.
    M. bradei Pilger, 1927 : 114.
19. *M. polyantha* McClure - Esta es una nueva especie.
20. *M. retrorsa* McClure, en Maguire, Wurdack, et al., 1964 : 6.
21. *M. riedeliana* Ruprecht ex Doell, en Martius, 1880 : 213.
22. *M. sellovii* Munro, 1868 : 51.
23. *M. sparsiflora* Ruprecht, 1839 : 37. pl. 10.
24. *M. speciosa* Sprengel, 1825 : 249.
25. *M. speciosa* sensu Kunth, 1830 : 333, 334, pl. 79. (Ver *Merostachyz kunthii).*
26. *M. speciosa* sensu Nees, en Martius, 1829 : 527-531. (Ver *Merostachyz neesii).*
27. *M. ternata* Nees, en Martius, 1829 : 529.
28. *M. vestita* McClure y Smith, en Reitz, 1967 : 72 pl.

Especies excluídas del Género *Merostachys*

1. *M. capitata* Hooker, 1840 : 273. (Ver *Athroostachys capitata).*
2. *M. capitata α latifolia* Doell, en Martius, 1880 : 217.
   M. capitata β angustifolia Doell, en Martius, 1880 : 217.
2. *M. racemiflora* (Steudel) Fournier, 1881 : 131. (Ver *Rhipidocladum racemiflorum).*
3. *M. sikokianus* (Makino) Nakai, en Hara, 1935 : 74.

MYRIOCLADUS Swallen

Distribución: Venezuela, entre 1.025 y 2.500 mts.

1. *M. affinis* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 244.
2. *M. cardonae* Swallen, en Steyermark, et al., 1951 : 35.
3. *M. confertus* Swallen, en Maguire, Wurdach, et al., 1957 : 248, en Maguire, Steyermark, Wurdack, et al., 1957 : 397.
4. *M. churunensis* Swallen, en Steyermark, 1967 : 132.
5. *M. distantiflorus* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 248.
6. *M. exsertus* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 242.
7. *M. gracilis* Swallen, en Maguire, Steyermark, Wurdack, et al., 1957 : 393.
8. *M. grandifolius* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 245.
9. *M. longiramosus* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 243.
10. *M. maguirei* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 239.
11. *M. neblinaensis* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 240.
12. *M. paludicolus* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 246, 248.
13. *M. paraquensis* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 244.
14. *M. paruensis* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 244.
15. *M. purpureus* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 248, en Maguire, Steyermark, Wurdack, et al., 1957 : 397.
16. *M. simplex* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 242.
17. *M. steyermarkii* Swallen, en Maguire, Wurdack et al., 1957 : 247.
18. *M. variabilis* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 248, en Maguire, Steyermark, Wurdack, et al., 1957 : 396.
19. *M. virgatus* Swallen, en Steyermark, et al., 1951 : 34, 35.
20. *M. wurdackii* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 248, en Maguire, Steyermark, Wurdack, et al., 1957 : 398.

NEUROLEPIS Meisner

Distribución: Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú e Isla Trinidad. Entre 2.900 y 4.500 mts.

1. *N. angusta* Swallen, en Maguire, Wurdack, et al., 1957 : 249.
   N. densiflora Swallen, en Maguire, Steyermark, Wurdack, et al., 1957 : 399.
2. *N. aperta* (Munro) Pilger, en Engler y Prantl, 1906 : 21.
   Planotia aperta Munro, 1868 : 73.
   Planotia ingens Pilger, 1898 : 721.
   N. ingens (Pilger), Pilger en Engler y Prantl, 1906 : 21.
3. *N. aristata* (Munro) Hitchcock, 1927 b : 313.
   Chusquea aristata Munro, 1868 : 61.
   Planotia acuminatissima Munro, 1868 : 72.
   Planotia stübelii Pilger, 1898 : 720.
   Planotia tesselata Pilger, 1898 : 720
   N. acuminatissima (Munro) Pilger, en Engler y Prantl, 1906 : 21.
   N. stübelii (Pilger), Pilger en Engler y Prantl, 1906 : 21.
   N. tesselata (Pilger), Pilger en Engler y Prantl, 1906 : 21.
   N. weberbaueri Pilger, 1921 : 446.
4. *N. diversiglumis* Soderstrom, en Maguire, et al., 1969 : 16-18, 20.
5. *N. elata* (Kunth) Pilger, en Engler y Prantl, 1906 : 21.
   Platonia elata Kunth, 1830 : 327, pl. 76.
   Planotia elata (Kunth) Munro, 1868 : 71.
   Planotia nobilis Munro, 1868 : 72.
   N. nobilis (Munro) Pilger, en Engler y Prantl, 1906 : 21.
6. *N. glomerata* Swallen, en Maguire, Steyermark, Wurdack, et al., 1957 : 399,
   Neurolepis nigra Swallen, 1957b : 400
7. *N. mollis* Swallen, 1931 : 14.
8. *N. pittieri* McClure, 1942 : 181.
9. *N. virgata* (Grisebach) Pilger, en Engler y Prantl, 1906 : 21.
   Platonia virgata Grisebach, 1864 : 530.
   Planotia virgata (Grisebach) Munro, 1868 : 71.

RHIPIDOCLADUM McClure, nuevo género.

Distribución: Desde Méjico hasta Brasil y Bolivia.

1. *R. ampliflorum* (McClure) McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium ampliflorum McClure, 1942 : 167.
2. *R. angustiflorum* (Stapf) McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium angustiflorum Stapf, 1913 : 268.
3. *R. bartlettii* (McClure) McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium bartlettii McClure, 1954 : 81 McClure en Swallen 1955 : 38.
4. *R. geminatum* (McClure), McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium geminatum McClure, 1942 : 169.
5. *R. harmonicum* (Parodi) McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium harmonicum Parodi, 1944 : 479, McClure, en Sohns y Swallen, 1955 : 133.
6. *R. maxonii* (Hitchcock) McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium maxonii Hitchcock, 1927a : 80.
7. *R. parviflorum* (Trinius) McClure, nueva combinación.
   Arundinaria parviflora Trinius, 1835 : 619.
   Arthrostylidium trinii Ruprecht, 1839 : 29.
8. *R. pittieri* (Hackel), McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium pittieri Hackel, 1903a : 75.
   Arundinaria pittieri (Hackel) E.G. Camus, 1913 : 1 : 40.
9. *R. prestoei* (Munro) McClure, nueva combinación.
   Arthrostylidium prestoei Munro, 1895 : 186.
   Arundinaria prestoei (Munro) Hackel, 1903d : 516.
10. *R. racemiflorum* (Steudel) McClure, nueva combinación.
    Arthrostylidium? racemiflorum Steudel, 1854 : 336.
    Merostachys racemiflora (Steudel) Fournier, 1881 : 131.
11. *R. verticillatum* (Nees) McClure, nueva combinación.
    Arundinaria verticillata Nees, en Martius, 1829 523, - Kunth, 1834 : 483, pl. 155, 156; 1835 : 348. - Ruprecht, 1839 : 25, pl. 3. - Munro, 1868 : 23. - Doell, en Martius, 1880 : 166.
    Ludolphia verticillata (Nees) Willdenow, 1833 : 25.

SWALLENOCHLOA **McClure, nuevo género**

Distribución: Desde Costa Rica hasta Brasil y Bolivia. Entre 2.700 y 4.000 mts.

1. *S. depauperata* (Pilger) McClure, nueva combinación.
   Chusquea depauperata Pilger, 1905 : 149.
2. *S. spicata* (Munro) McClure, nueva combinación.
   Chusquea spicata Munro, 1868 : 60.
   Chusquea humilis Lechler ex Munro, 1868:60.
   Chusquea simplicissima Pilger, 1905 : 145.
3. *S. subtessellata* (Hitchcock) McClure, nueva combinación.
   Chusquea subtessellata Hitchcock, 1927a : 81.
4. *S. tessellata* (Munro) McClure, nueva combinación.
   Chusquea tessellata Munro, 1868 : 60.
5. *S. weberbaueri* (Pilger), McClure, nueva combinación.
   Chusquea weberbaueri Pilger, 1905 : 146 Fosberg, 1944 : 230.

YUSHANIA **K. H. Keng**

Distribución: Desde Méjico a Honduras.

Subgénero Otatea McClure y E. W. Smith, nuevo subgénero

1. *Yushania (Otatea) aztecorum* McClure y E. W. Smith, nueva especie.
2. *Yushania (Otatea) acuminata* (Munro) McClure nueva combinación.

1.4.2 BAMBUES NATIVOS DE ASIA, AFRICA Y OCEANIA

En el Asia, donde existe el mayor número de especies, el bambú es nativo en todos los países localizados en la zona sur oriental del continente como son: China, Corea, Birmania, Tahilandia, Laos, Camboya, Vietnam, Malasia, India, Paquistán; y en la zona insular: Japón, Formosa, Filipinas, Indonesia y Ceilán.

En Africa se desarrolla en la zona tropical y en la Isla de Madagascar. En Oceanía es nativo en Australia, Nueva Guinea e Islas del Pacífico.

La lista de bambúes que se anota a continuación, ha sido elaborada en base a las especies indicadas por Ueda (6), McClure (7), Wei—chih Lin (43). Camus (42) indica otros géneros y especies que en su mayoría han sido modificados parcial o totalmente, razón por la cual no se incluyen para evitar confusión.

ARUNDINARIA Michaux

1. *A. amabilis* McClure.
2. *A. amplissima* Nees.
3. *A. auricoma* Mitford.
4. *A. chino* (Franchet and Savatier) Makino.
5. *A. dolichantha* Keng.
6. *A. elegans Kurz.*
7. *A. falcata Nees.*
8. *A. falcata var. glomerata* Gamble.
9. *A. fortunei* (Van Houtte) A. y C. Riviere.
10. *A. gigantea* (Walter) Muhlenberg.
11. *A. hindsii* sensu auctt. jap. (non Munro).
12. *A. japonica Siebold* y Zuccarini.
13. *A. nikkoensis* Nakai
14. *A. prainii* (Gamble) Gamble.
15. *A. pumila* (Mitford) Mitford.
16. *A. pusilla* A. Chevalier y A. Camus.
17. *A. pygmaea* (Miquel) Ascherson y Graebner.
18. *A. Sat Balansa*
19. *A. simonii* (Carriere) A. y C. Riviere.
20. *A. simonii var. variegata* Hooker f.
21. *A. tecta* (Walter) Muhlenberg.
22. *A. tecta var. decidua* Beadle.
23. *A. vagans* Gamble.
24. *A. variegata* (Siebold) Makino.
25. *A. variegata var. viridis f. major* Makino.
26. *A. viridi-striata* (Siebold) Makino.
27. *A. wightiana* Nees.

Ver también Especies Nativas de América.

ATRACTOCARPA Franchet

BAMBUSA Retzius corr. Schreber.

1. *B. argentea* Hort. ex A. y C. Riviere.
2. *B. arundinacea* Retzius.
3. *B. bambos* Druce
4. *B. Beecheyana* Munro.
5. *B. Blumeana* Shultes.
6. *B. Copelandii* Gamble.
7. *B. dissimulator* McClure.
8. *B. dolichoclada* Hayata.
9. *B. eutuldoides* McClure.
10. *B. gracilis* Hort ex A. y C. Riviere.
11. *B. hookeri* (Munro) A. y C. Riviere.
12. *B. lineata* Munro.
13. *B. longispiculata* Gamble ex Brandis.
14. *B. macroculmis* A. y C. Riviere.
15. *B. malingensis* McClure.
16. *B. multiplex* (Loureiro) Raeuschel.
17. *B. multiplex* c.v. "Alphonse Kar".
18. *B. multiplex* c.v. "Fernleaf".
19. *B. multiplex* c.v. "Silverstripe".
20. *B. multiplex* c.v. "stripesten Farnleaf".
21. *B. multiplex var.* riviereerum R. Maire.
22. *B. multiplex var.* Shimadai (Hayata) Sasaki.
23. *B. nutans* Wallich ex Munro.
24. *B. Oldhamii* Munro.
25. *B. pachinensis* Hayata.
26. *B. pervariabilis* McClure.
27. *B. polymorpha* Munro.
28. *B. procera* A. Chev.
29. *B. rutila* McClure.
30. *B. scriptoria sensu* A. y C. Riviere (non Dennstedt).
31. *B. Shimadai* Hayata.
32. *B. Spinosa* Roxburgh.
33. *B. stenostachya* Hackel.
34. *B. stricta* Roxburgh.
35. *B. Stricta var. argentea* A. y C. Riviere.
36. *B. textilis* McClure.
37. *B. Tulda* Roxburgh.
38. *B. tuldoides* Munro.
39. *B. ventricosa* McClure.
40. *B. vulgaris* Schrader ex Wendland.

41. *B. vulgaris* v. vittata A. y C. Riviere.
42. *B. cv. "Wamin"* Stat Nov. 162.
43. *B. ? Wamin* Brandis ex Camus.

Ver también especies nativas de América.

BAMBUSEAE **Link.**

BAMBUSOIDEAE **Ascherson y Graebner**

BONIA **Balansa.**

1. *B. tonkinensis* Balansa.

CEPHALOSTACHYUM **Munro.**

1. *C. capitatum* Munro.
2. *C. mindorense* Gamble.
3. *C. pergracile* Munro.

CHIMONOBAMBUSA **Makino.**

1. *Ch. marmorea* Makino.
2. *Ch. marmorea* Makino *var. variegata* Makino.
3. *Ch. falcata* (Nees) Nakai.
4. *Ch. hookeriana* (Munro) Nakai.
5. *Ch. quadrangularis* (Fenzi) Makino.

DENDROCALAMUS **Nees.**

1. *D. affinis.* Rendle.
2. *D. asper* (Schultes) Backer.
3. *D. Brandisii* Kurz.
4. *D. giganteus* Munro.
5. *D. hamiltonii* Munro.
6. *D. hamiltonii var. edulis* Munro.
7. *D. hookeri* Munro.
8. *D. latiflorus* Munro.
9. *D. longipathus* (Kurz) Kurz.
10. *D. membranaceus* Munro.
11. *D. Merrillianus* Elm.
12. *D. sikkimensis* Gamble ex Oliver.
13. *D. strictus* (Roxburgh) Nees.
14. *D. strictus* var. prainiana Gamble.
15. *D. strictus var. sericeus* (Munro) Gamble.

DINOCHLOA **Buse.**

1. *D. andamanica* Kurz.
2. *D. pubiramea* Gamble.
3. *D. Maclellandii* Kurz.
4. *D. sandens* auctt. (non Kuntze).

FARGESIA **Franchet.**

GIGANTOCHLOA **Munro.**

1. *G. albo-ciliata* (Munro) Kurz.
2. *G. apus* (Shultes) Kurz.
3. *G. laevis* (Blanco) Merr.
4. *G. maxima* Kurz, sensu Holttum.
5. *G. nigro-ciliata* (Buse) Kurz.
6. *G. Scribneriana* Merr.
7. *G. verticillata* (Willdenow) Munro.
8. *G. wrayi* Gamble.

GRESLANIA **Balansa**

GUADUA **modificado por McClure.**

Ver Especies Nativas de América.

GUADUELLA **Franchet.**

INDOCALAMUS **Nakai.**

1. *I. (niitakayamensis* (Hayata) Nakai).
2. *I. sinicus* (Hance) Nakai.
3. *I. wightianus* (Nees) Nakai.

INDOSASA **McClure.**

1. *I. gibbosa* (McClure) McClure.

LINGNANIA **McClure.**

1. *L. chungii* (McClure) McClure.

LELEBA **Runphius.**

1. *L. floribunda.* Nakai.
2. *L. floribunda* Nakai *form, viridi-striata Nakai.*
3. *L. multiplex* Nakai.
4. *L. multiplex* Nakai form. *variegata* Nakai.
5. *L. multiplex* Nakai form. Alphonso-Kari Nakai
6. *L. Oldhami* Munro.
7. *L. vulgaris* Nakai.

MELOCALAMUS **Bentham.**

1. *M. compactiflorus* (Kurtz) Benth.

MELOCANNA **Trinius.**

1. *M. baccifera* (Roxburgh) Kurz.
2. *M. bambusoides* Trin.
3. *M. humilis* Kurz.

MICROCALAMUS **Franchet.**

MYRIOCLADUS **Swallen.**

NASTUS **Gmelin**

1. *N. elegantissimus* (Hasskarl) Holttum.

NEOHOUZEAUA **A. Camus.**

1. *N. Dullooa* A. Camus.

NEUROLEPIS **Meisner.**

NIPPONOBAMBUSA **Muroi.**

1. *N. nikkoensis* Muroi
2. *N. Reikoona* Muroi.
3. *N. Sasakiana* Muroi
4. *N. Sawadai* Muroi.

OCHLANDRA **Thwaites.**

1. *O. beddomei* Gamble.
2. *O. Ridleyi* Gamble.
3. *O. scriptoria* (Dennstedt) C.E.C. Fischer.
4. *O. setigera* Gamble.
5. *O. stridula* Thwaites.
6. *O. travancorica* (Beddome) Bentham ex Gamble.
7. *O. travancorica var. hirsuta* Gamble.

OLYREAE **Pilger.**

OREIOSTACHYS **Gamble.**

OREOBAMBUS **Schuman.**

1. *O. buchwaldii* K. Schumann.

OXYTENANTHERA **Munro.**

1. *O. abyssinica* (A. Richard) Munro.
2. *O. nigrociliata* Munro.
3. *O. parvifolia* Brandis. (Bambusa pálida).
4. *O. Poilanei* A. Camus.
5. *O. Stocksii* Munro.

PARIANEAE **Hubbard.**

PHYLLOSTACHYS **(Sinoarundinaria) Siebold y Zuccarini.**

1. *P. arcana* McClure.
2. *P. aurea* A. y C. Riviere.
3. *P. aureosulcata* McClure.
4. *P. bambusoides* Siebold y Zuccarini
5. *P. bambusoides* cv. "Castillón".
6. *P. bambusoides var. marliacea* (Mitford) Makino.
7. *P. dulcis* McClure.
8. *P. elegans* McClure.
9. *P. flexuosa* A. y C. Riviere.
10. *P. formosana* Hayata.
11. *P. heteroclada* D. Oliver ex Hooker.
12. *P. makinoi* Hayata.
13. *P. mannii* Gamble.
14. *P. meyeri* McClure.
15. *P. mitis* A. y C. Riviere.
16. *P. mitis* sensu Kawamura.
17. *P. pubescens* Mazel ex Houzeau de Lehaie.
18. *P. nidularia* Munro
19. *P. nigra* (Loddiges) Munro.
20. *P. nigra* cv. "Henon".
21. *P. nuda* McClure.
22. *P. quilioi* A. y C. Riviere.
23. *P. reticulata* K. Koch.
24. *P. violascens* A. y C. Riviere.
25. *P. viridi-glaucescens* (Carriere) A. y C. Riviere.
26. *P. viridis* (Young) McClure.
27. *P. viridis* cv. "Robert Young".

PLANOTIA **Munro.**

PLEIOBLASTUS **Nakai.**

1. *P. akasiensis* Koidz.
2. *P. akebono* Nakai.
3. *P. angustifolius* Nakai.
4. *P. Chino*. Makino.
5. *P. Communis* Nakai.
6. *P. epitrichus* Koidz.
7. *P. Fortunei* Nakai.
8. *P. gramineus* Nakai.
9. *P. Hindsii* Nakai.
10. *P. hodensis* Makino.
11. *P. kongosanensis* Makino.
12. *P. lanatus* Nakai.
13. *P. linearis* Nakai.
14. *P. longaevus* Koidz.
15. *P. multifolius* Nakai.
16. *P. pubescens* Nakai.
17. *P. pumilis* Nakai.
18. *P. pygmaeus* Nakai var. distichus Nakai.
19. *P. Simoni* Nakai.
20. *P. Simoni* Nakai *var. heterophyllus* Nakai.
21. *P. Uyenoensis* Nakai.
22. *P. vaginatus* Nakai.
23. *P. viridi-striata* Makino.
24. *P. xestrophyllus* Koidz.

25. *P. yoshidake* Nakai.
26. *P. yoshidake* Nakai*var. Tsuboi Nemoto.*

POA Linnaeus

1. *P. bulbosa* Linnaeus.
2. *P. pratensis* Linnaeus.

PSEUDOSASA Makino.

1. *P. japonica* Makino.
2. *P. japonica* Makino *var. Tsutsumiana* Yanagida.
3. *P. japonica* Makino *var. flavovariegata* Makino.
4. *P. Owatari* Makino.

PSEUDOSTACHYUM Munro.

1. *P. polymorphum* Munro.

PUELIA Franchet.

RACEMOBAMBOS Holftum.

SASA Makino y Shibata.

1. *S. amagiensis* Makino.
2. *S. asahinae* Makino y Nakai.
3. *S. borealis* (Hackel) Makino y Shibata.
4. *S. chartacea* Makino y Shibata.
5. *S. futatabiensis* Koidz.
6. *S. geniculata* Koidz.
7. *S. gracillima* Nakai.
8. *S. hastatophylla* Muroi.
9. *S. kurilensis* Makino y Shibata *var. yezoensis* Tatewaki.
10. *S. kurokawana* Makino.
11. *S. longiligulata* McClure.
12. *S. nebulosa* (Makino y Shibata) Ohki.
13. *S. nipponica* Makino y Shibata.
14. *S. nipponica* Makino y Shibata form. robustior Makino.
15. *S. nobilis* Nakai.
16. *S. palmata* (Marliac) Nakai.
17. *S. paniculata* (Schmidt) Makino y Shibata.
18. *S. paniculata var. paniculata.*
19. *S. pygmaea* (Miquel) E.G. Camus.
20. *S. perexuguoseta* Koidz.
21. *S. sendaica* Makino.
22. *S. shimidzuana* Makino.
23. *S. tessellata* (Munro) Makino y Shibata.
24. *S. tsuboiana* Makino.
25. *S. tyuhgokensis* Makino.
26. *S. veitchii* (Carriere) Rehder.

SASAELLA Makino.

1. *S. Arakii* Makino.
2. *S. stamiana* Makino.
3. *S. atro-purpurea* Makino y Nakai.
4. *S. fastuosa* (marliac) Makino.
5. *S. glabra* Muroi.
6. *S. Hashimotoi* Muroi.
7. *S. hidaensis* Nakai.
8. *S. mikurensis* Nakai.
9. *S. okadana* Makino.
10. *S. ramosa* Makino.
11. *S. suwekoana* Makino.
12. *S. tangoensis* Muroi.
13. *S. viridis* (Makino) Makino.

SASAMORPHA Nakai.

1. *S. purpurascens* Nakai.
2. *S. amabilis* Nakai.
3. *S. mollis* Nakai.
4. *S. Uinuizoana* Koidz.

SEMIARUNDINARIA Makino.

1. *S. fastuosa* Makino.
2. *S. fastuosa* Makino. var. *viridis* Makino.
3. *S. Kagamiana* Makino.
4. *S. Tatebeana* Muroi.
5. *S. villosa* Muroi.
6. *S. Yashadake* Makino.
7. *S. Yoshi - Matsumurae* Muroi.

SCHIZOSTACHYUM Nees.

1. *S. acutiflorum* Munro.
2. *S. blumii* Nees.
3. *S. brachycladum* Kurz.
4. *S. diffusum* Merr.
5. *S. gracile* (Munro) Holttum.
6. *S. grande* Ridley.
7. *S. hainanense* Merril ex McClure.
8. *S. lima* (Blanco) Merrill.
9. *S. longispiculatum* Kurz.
10. *S. lumampao* Merr.
11. *S. latifolium* Gamble.
12. *S. terminale* Holttum.

SHIBATAEA Makino.

1. *Sh. kumasasa* (Zollinger) Makino.

SINARUNDINARIA Nakai.

1. *S. nitida* (Mitford) Nakai.

SINOBAMBUSA **Makino.**

1. *S. tootsik* (Makino) Makino.

SINOCALAMUS **McClure.**

1. *S. affinis* (Rendle) McClure.
2. *S. beecheyanus* (Munro) McClure.
3. *S. copelandii* (Gamble) Raizada.
4. *S. latiflorus* (Munro) McClure.
5. *S. oldhamii* (Munro) McClure.

STREPTOCHAETA **Schrader ex Nees.**

STREPTOCHAETAE **Hubbard.**

TEINOSTACHYUM **Munro.**

1. *T. dulloa* Munro.
2. *T. Griffithii* Munro.

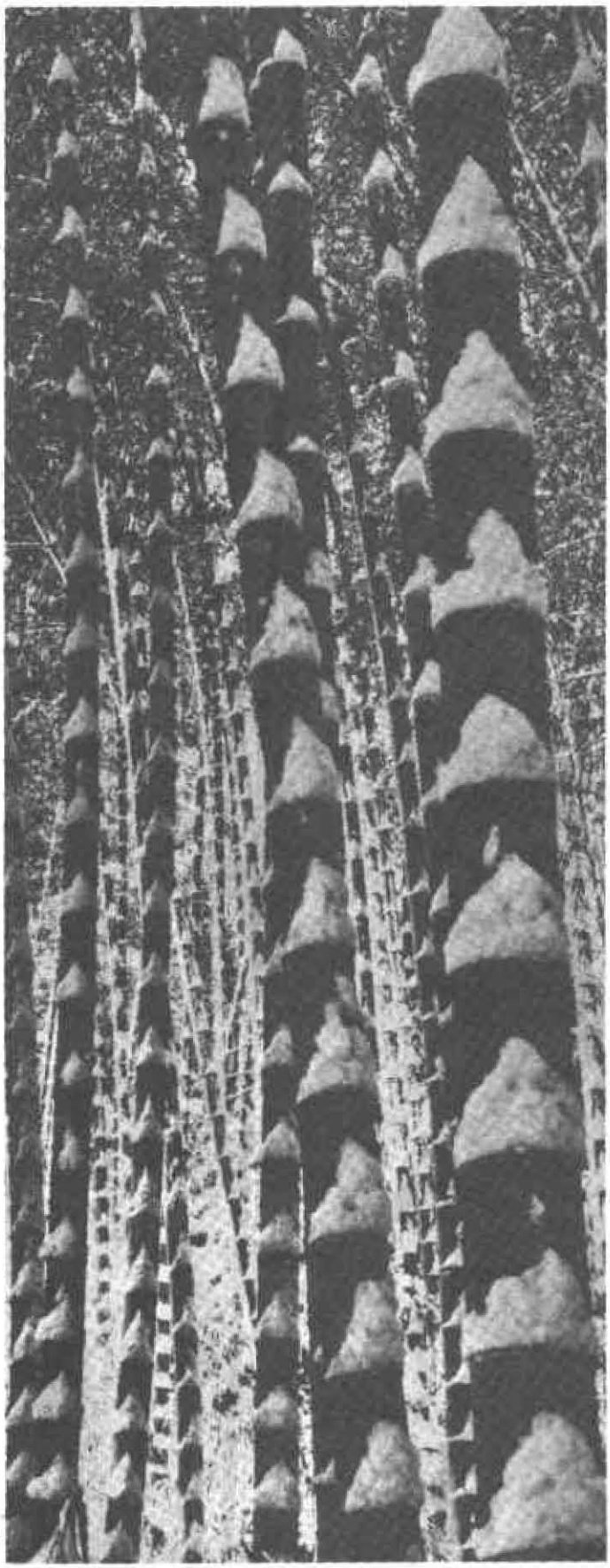
TETRAGONOCALAMUS **Nakai.**

THAMNOCALAMUS **Munro.**

1. *T. falconeri* Hooker f. ex Munro.
2. *T. spathiflorus* (Trinius) Munro

THRYSOSTACHYS **Gamble.**

1. *T. oliveri* Gamble.
2. *T. siamensis* Gamble.



El bambú es una de las pocas plantas que no pierde sus hojas durante la estación invernal. Nótese el triángulo formado por la nieve acumulada en cada uno de los nudos del bambú dando la impresión de que fueran bracteas.

2
CULTIVO

INTRODUCCION

La madera de los árboles, por lo general, solo se utiliza en la fabricación de muebles y con fines estructurales, una vez que éstos hayan alcanzado su completo desarrollo, lo que puede tomar entre 15 y aún hasta los 100 años de acuerdo con la especie y habitat.

El bambú, a diferencia de los árboles, adquiere su máximo desarrollo en menos de un año, después de haber brotado del suelo. Terminado su desarrollo se inicia su maduración o sazonamiento que en la mayoría de los bambúes alcanza su máximo grado entre los 3 y los 6 años.

La primera utilización que se le da al bambú es como alimento; con este propósito se utilizan brotes o cogollos de 10 ó 15 días de edad. Cuando no se utiliza como alimento, se aprovechan industrialmente ya sea en artesanía o en la fabricación de papel, los diferentes grados de dureza, flexibilidad y resistencia que el bambú va adquiriendo a medida que transcurre la primera etapa de su maduración o sazonamiento.

Entre los 3 y los 5 ó 6 años, aproximadamente, el bambú adquiere su máxima resistencia por lo cual se aprovecha durante este período en la construcción o en la fabricación de productos que requieren un material más duro y resistente. Después de los 6 años, la resistencia del bambú comienza a declinar a medida que el tallo se va secando, y su rizoma se vuelve improductivo.

De lo anterior se deduce que toda persona que en una u otra forma utilice el bambú ya sea en artesanía, en construcción, en la fabricación de papel o en otros propósitos; debe tener el suficiente conocimiento sobre el cultivo de esta planta para que le permita obtener su máximo aprovechamiento de acuerdo a su aplicación. Es por esta razón por lo que en este libro se han "mezclado" diversos temas sobre las aplicaciones del bambú con el de su cultivo, del que se consideran a continuación los aspectos más importantes, aunque de manera superficial.

Extrañarán el agrónomo y el ingeniero forestal que la terminología como el método empleado por el autor en este libro no estén muy ajustados a los cánones de la botánica y de la silvicultura, pero en ningún caso ha sido su intención escribir una obra científica, sino dar una información muy general y sencilla que pueda ser fácilmente captada por nuestros campesinos, en cuyas manos está la supervivencia de las pocas especies que aún nos quedan.

2.1 ECOLOGIA

En el cultivo del bambú como en el de cualquier otra planta, existe una serie de factores de orden ecológico que es necesario tener siempre presente para el establecimiento exitoso de la plantación, ya sea con fines industriales o meramente ornamentales; éstos son climáticos, edafológicos y aún selváticos especialmente en lo que se refiere a la vegetación alta y baja que generalmente circundan las especies nativas en bosques naturales del Asia, ya que en América aún no se ha hecho una investigación al respecto.

2.1.1 FACTORES CLIMATICOS

2.1.1.1 Lluvias.

Parece que el promedio mínimo de precipitación anual requerido, es el indicado por Deogun (8) para el *Dendrocalamus strictus*, que es de 762 mm. (30 pulgadas). El promedio máximo no se conoce, pero según Huberman (9) hay bambúes que se encuentran en zonas donde la precipitación es mayor de 6.350 mm. (250 pulgadas). La variación más común es entre 1.270 mm. y 4.050 mm. (50 a 160 pulgadas). El promedio máximo para el *Dendrocalamus strictus* es de 5.080 mm. (200 pulgadas).

2.1.1.2 Temperatura.

La mayoría de los bambúes se desarrollan en temperaturas que varían entre los 9°C y los 36°C (48°F y 97°F). Sin embargo, existen especies que crecen en alturas mayores como es el caso de algunas especies del género *Arundinaria* que se encuentran en la India a 3.050 metros (10.000 pies). En algunos lugares de latinoamérica, existen especies a 3.650 mts. (12.000 pies) o aún en regiones donde la nieve y las heladas son comunes como en el caso de la *chusquea* en Chile. Huberman (9).

En el Japón, Ueda (6) dice que de algunos bambúes del género *Phyllostachys* no se puede esperar un excelente crecimiento si la temperatura es inferior de −15°C. Para zonas de inviernos muy fríos se prefieren especies más resistentes tales como la *Phyllostachys edulis* y la *Ph. nigra* var. *Henonis*. Los daños causados por la nieve ocurren al iniciarse la primavera, tiempo durante el cual la nieve tiene una mayor gravedad específica y al apilarse en los bambúes causa mayores daños.

En el caso de la *Bambusa guadua*, variedad típica de Colombia, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, estableció un cultivo en la Florida pero la planta sufrió daños por congelamiento, como la ruptura de los tallos por su base a temperaturas menores de −3°C (26°F) mientras que a los −8°C (17°F) la planta moría completamente. McClure (7).

De acuerdo con los datos obtenidos por Deogun (8) en diversos lugares de la India, el *Dendrocalamus strictus* se encuentra en regiones donde se presentan temperaturas que varían entre −5.5°C y 46.6°C (22°F y 116°F). Por otra parte algunos bambúes como el anterior se desarrollan bien aún en regiones que periódicamente son afectadas por severas sequías. Por ejemplo, en la terrible sequía que afectó a la India entre 1889 y 1890 muchas especies de bambúes y de árboles sufrieron severos daños, sin embargo, el *Dendrocalamus strictus* la soportó en la mayoría de los casos.

2.1.1.3 Humedad relativa.

La humedad relativa se dice que es uno de los factores determinantes en la distribución de las especies. Según Huberman (9) los bambúes se encuentran en zonas de humedad relativa alta que varía del 80% hacia arriba.

2.1.2 TIPOS DE SUELO

La mayor parte de los bambúes se encuentran en suelos areno—limosos y arcillo—limosos conformados de aluviones de los ríos o frecuentemente de subestractos. Los colores de los suelos en que más frecuentemente se encuentran son: amarillo, amarillo castaño, amarillo rojizo claro. El subsuelo varía de rojo claro a amarillo y gris azuloso.

Usualmente el bambú prefiere suelos bien drenados pero también se encuentra en lechos cenagosos o húmedos. No se conoce de bambúes que se desarrollen en suelos salinos. Huberman (9).

Ueda (6) dice que para las especies *Phyllostachys*, los suelos fértiles, bien drenados y mezclados con grava,son los más apropiados. Sin embargo, la

Ph. edulis crece aún en suelos donde la humedad es un poco alta y la *Ph. reticulata* y *Ph. nigra* pueden crecer en suelos más o menos secos.

Las propiedades de los suelos, aptos para el cultivo de bambú, difieren entre las zonas tropicales y las templadas. En las zonas tropicales las formaciones naturales de bambú se encuentran más en suelos negros y aluviales y raramente en suelos lateríticos y suelos rojos.

En la India la *Bambusa arundinacea* se desarrolla en suelos húmedos y el *Dendrocalamus strictus* crece prácticamente en todos los tipos de suelo, siempre y cuando estén bien drenados. No crece en suelos pesados de pura arcilla o arcilla mezclada con limo. Los mejores suelos son los areno—limosos. Deogun (8).

En cuanto a la localización y pendiente de los suelos, Ueda (6) dice que los bambúes crecen bien en pendientes empinadas pero no gustan de los fuertes rayos solares. Generalmente, los lugares orientados hacia el norte son los preferibles en regiones de climas moderados y cálidos y los orientados hacia el sur en las regiones frías. Los lugares orientados hacia el occidente reciben los fuertes rayos solares y no se recomiendan. Según Deogun (8) el *Dendrocalamus strictus* no se encuentra en zonas muy pendientes o muy planas a no ser que estén bien drenadas; prefiere terrenos montañosos.

2.1.3 FACTORES SELVATICOS

2.1.3.1 Vegetación alta.

Según Huberman (9) en general los bosques puros de bambú se encuentran en forma compacta, aislados formando manchas o haciendo parte de los estratos subdominantes de bosques siempre verdes, deciduos húmedos y secos, en los cuales raramente se encuentra más de una especie. Por ejemplo en los Andamans sólo se encuentra la especie de bambú *Dinochloa andamanica* en bosques siempre verdes de *Dipterocarpus sp; calaphyllum sp.* y *Artocarpus sp.* En Assam y en Bengala oriental la *Bambusa polimorpha* crece en bosques muy mezclados con árboles de teca.

En el norte de la India las especies del género *Arundinaria* se encuentran con especies dominantes tales como el roble, el cedro, el abeto y pinabeto, mientras que en bosques secos del tipo deciduo es más común encontrar el *Dendrocalamus strictus.* En el Pakistán Oriental son típicas de los bosques siempre verdes y de los deciduos húmedos, especies tales como *Melocanna bambusoides, Bambusa tulda, B. teres, B. vulgaris, Teinostachyum dulloa, Oxytenanthera nigrociliata, O. auriculata, Dendrocalamus hamiltonii, D. longispathus* y *Melocalamus compactiflorus.* Especies asociadas en estos bosques que no son bambúes están: *Phyllanthus emblica, Litsea Polyantha, Holarrhaena antidysenterica, Pterospermun tetragenum, P. acerifolium, Grewia. spp. Saraca indica, Vitex spp. y Ficus spp.* Asociada con el bambú *Melocalamus compactiflorus* existe una importante trepadora, *Spatholobus roxburghi* Huberman (9), Raizada y Chatterji (5).

2.1.3.2 Vegetación baja.

Por otra parte existen varios tipos de arbustos que crecen como vegetación baja en lugares donde se desarrolla el bambú, que juegan un importante papel en la práctica de la silvicultura, principalmente porque estas especies indican la propiedad del suelo y las condiciones de microclima, etc.

Ueda (6) indica las siguientes plantas que crecen como vegetación baja en los lugares donde existen plantaciones de bambú en el Japón y que sirven como referencia o índice vegetativo para elegir tierras apropiadas para su cultivo o explotación económica.

a) En un buen cultivo: *Oxalis Acetosella* Linn. *var. japónica* Makino; *Boenninghausenia japónica* Jacks; *Pollia japónica* Thunb.; *Thalictrum aquilegifolium* Linn; *Disporum sessile* Don; *Ophiopogon japonicus* Ker—Gawler.

b) En un cultivo regular: *Lespedeza bicolor* Turcz. form. *microphylla* Miq; *Liriope platyphylla* Wang et Tang; *Oplismenus undulatifolius* Roem et Shultes *var. japonicus* Koidz; Iris japónica Thunb; *Cyclosorus acuminatus* Nakai; *Rubus Buergeri* Miq; *Polygonatum odoratum* Druce *var. pluriflorum Ohwi.*

c) En un cultivo pobre: *Rubus microphyllus* Linn. *fil; Dryopteris erythrosora O.* Kuntze; *Ainsliaea apiculata* Sch. Bip; *Spicantopsis nipónica* Nakai *var. japónica* Nakai; *Carex Morrowii* Boott; *Lycopodium serratum* Thunb *var. japonicum* Makino; *Polystichum japonicum* Diels; *Rhododendron Kaempferi* Planch; *Rhododendron reticulatum* D. Don; *Vaccinium Smallii* A. Gray *var. glabrum* Koidz; *Pieris japónica* D. Don.

La vegetación baja indicativa de buen sitio para cultivar bambú, consiste en su mayoría de plantas de sombra, mientras que los que indican una pobre condición son plantas de sol y en ellos el sistema de raíces es muy desarrollado y estorban

el crecimiento de los rizomas del bambú. Las plantas de sombra deben mantenerse siempre, pero las de sol deben arrancarse.

El cambio en las condiciones de desarrollo viene a ser la causa del cambio de la vegetación baja. Si un área está cubierta en forma tupida por bambúes y árboles, la vegetación baja tiende a cambiar por plantas de sombra, pero si el área está descubierta, las matas de sol crecen dominando el lugar.

2.2 LA PLANTA

Estructuralmente el bambú está constituído por un sistema de ejes vegetativos segmentados, que forman alternamente nudos y entrenudos, que varían en su morfología según que correspondan al rizoma, al tallo o a las ramas. Tanto los nudos como los entrenudos varían también de una especie a otra, particularmente en los tallos, facilitándose por este medio su clasificación.

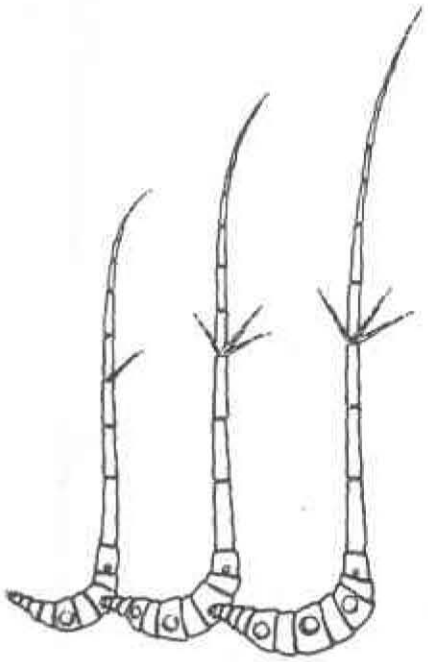
2.2.1 EL RIZOMA — CLASIFICACION

El rizoma tiene una gran importancia, no solo como órgano, en el cual se almacenan los nutrientes que luego distribuye a las diversas partes de la planta, sino como un elemento básico para propagación del bambú, la cual se efectúa asexualmente por ramificación de los rizomas. Esta ramificación se presenta en dos formas diferentes con hábitos de crecimiento también diferentes, lo que permite clasificarlos en dos grandes grupos principales y uno intermedio, cada uno de los cuales comprende géneros y especies distintos.

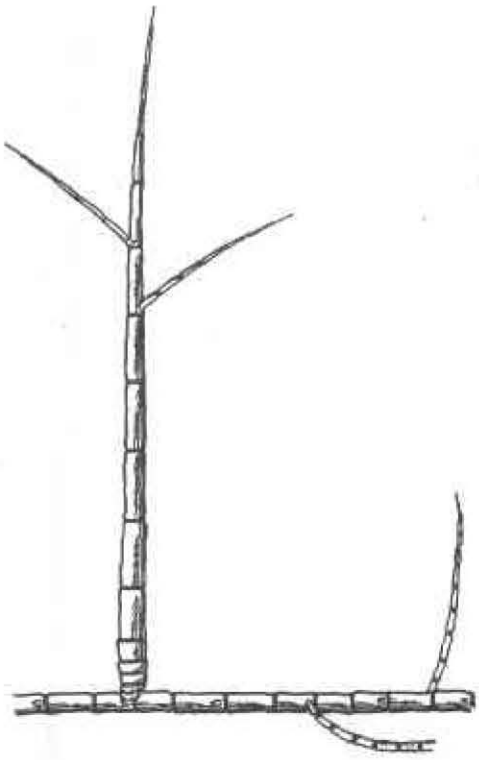
Hasta el presente no existe unidad de criterio en la denominación de los grupos que forman los bambúes. McClure (7) fue el primero en proponer en 1925 los términos **simpodial y monopodial** para los dos grupos principales, basándose en el hábito de ramificación del rizoma. Esta terminología fue adoptada luego por los autores asiáticos como Takenuchi, Ueda y otros. Los Rivière basados en el mismo principio, utilizaron los términos **cespitoso y Traçant** Por último McClure (7) en 1966 clasificó los dos grupos principales de acuerdo a la morfología de los rizomas en **paquimorfo,** correspondiente a Simpodial y Cespitoso, y en **leptomorfo,** correspondiente a Monopodial y a Traçant. Para el grupo intermedio utilizó el término **anfipodial** designado por Keng Aunque el uso de cualquiera de estos términos es correcto, el autor continuará utilizando en esta publicación la última denominación establecida por McClure (7).

Los bambúes del tipo **paquimorfo** (Simpodial, Cespitoso) se distinguen porque sus tallos aéreos se desarrollan en el espacio en forma aglutinada o cespitosa, formando manchas; en cambio en los del tipo **leptomorfo** (Monopodial, Traçant), los tallos se presentan en forma aislada o difusa.

En los bambúes del tipo **anfipodial,** o intermedio, que son pocos, Los rizomas presentan una ramificación combinada de los dos grupos principales.

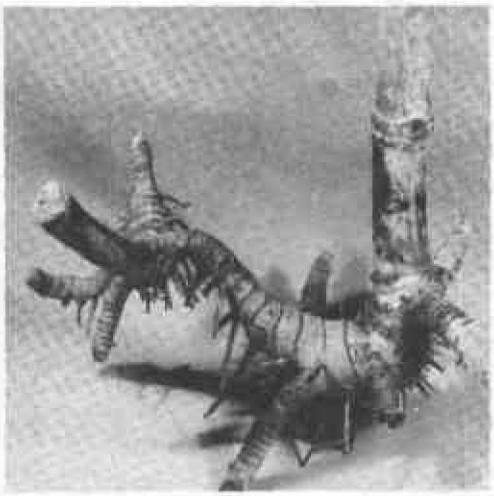


Bambú del grupo Paquimorfo.



Bambú del grupo Leptomorfo.

Estructura y forma de ramificación de los bambúes de los grupos Paquimorfo y Leptomorfo, constituidos por un sistema de ejes vegetativos segmentados que forman alternamente nudos y entrenudos.

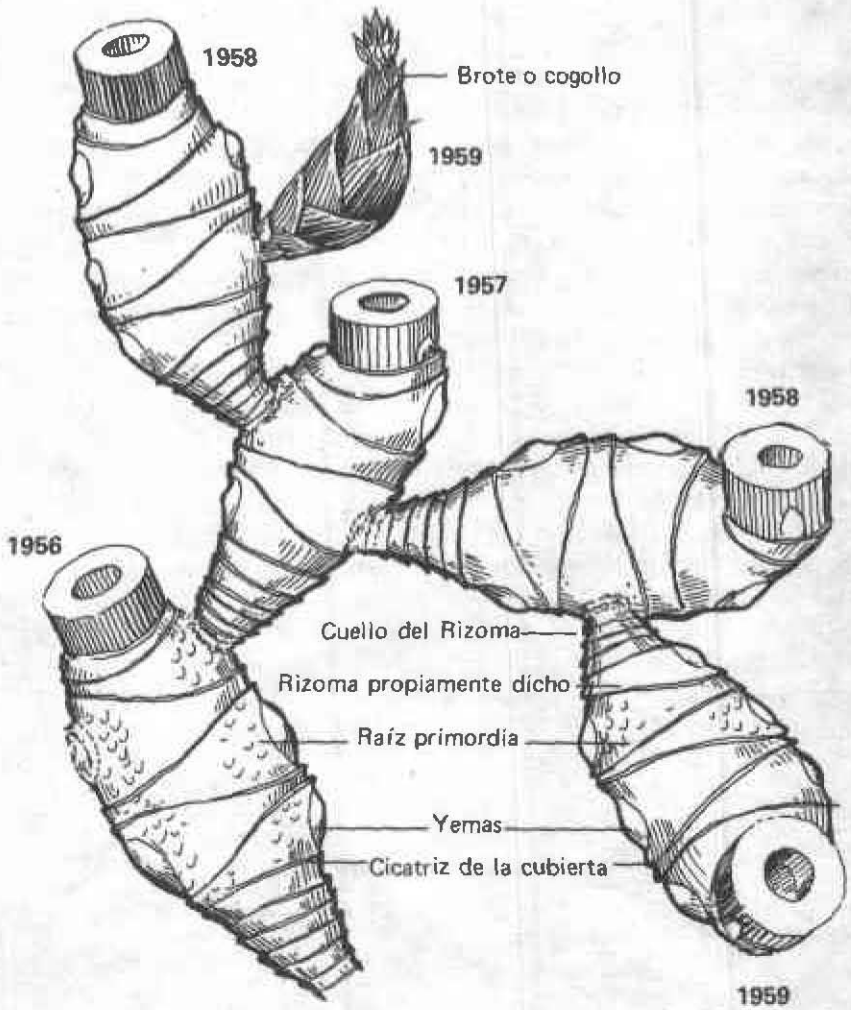


Ramificación del rizoma Paquimorfo. De un rizoma pequeño se genera sucesivamente uno más grande hasta llegar a la dimensión propia de su especie. Cada rizoma forma un tallo. Obsérvese en cada rizoma las raíces que emergen sólo de su superficie inferior y lateral.

2.2.1.1 Grupo Paquimorfo (Simpodial, Cespitoso)

a) GENEROS TIPICOS: *Bambusa* (que incluye el subgénero *guadua*). *Dendrocalamus, Elytrosthachys, Gigantocloa, Oxytenanthera.*

b) CARACTERISTICAS: Los bambúes pertenecientes a este grupo corresponden en su mayoría a especies tropicales, que por consiguiente no se desarrollan bien en temperaturas heladas, aunque se conocen algunas que han sobrevivido temperaturas un poco menores de 0°C (32°F) sin sufrir serios daños. Sus rizomas se denominan paquimorfos, por ser cortos y gruesos, con internudos asimétricos, más anchos que largos, sólidos, con raíces en su parte inferior. Los rizomas tienen yemas laterales solitarias en forma de domo o semi—esfera, que sólo se desarrollan en nuevos rizomas y subsecuentemente en nuevos tallos, pero la mayor parte permanecen inactivos o dormidos. Estos nuevos rizomas crecen horizontalmente en cortas distancias y luego su ápice voltea hacia arriba formando un tallo. Al año siguiente una de las yemas de este rizoma se activa, formando otro rizoma el cual a su vez forma un tallo secundario. Este proceso continúa de tal manera que los rizomas se desarrollan periféricamente formando una mata de tallos aglutinados por lo cual se le llama cespitoso. La iniciación de los tallos bajo condiciones naturales se presenta en este grupo durante el verano o el otoño o al comienzo de una estación lluviosa siguiente a un período seco. En este grupo la posición de las ramas en el tallo es relativamente baja. McClure (7), Ueda (6), Deogun (8).



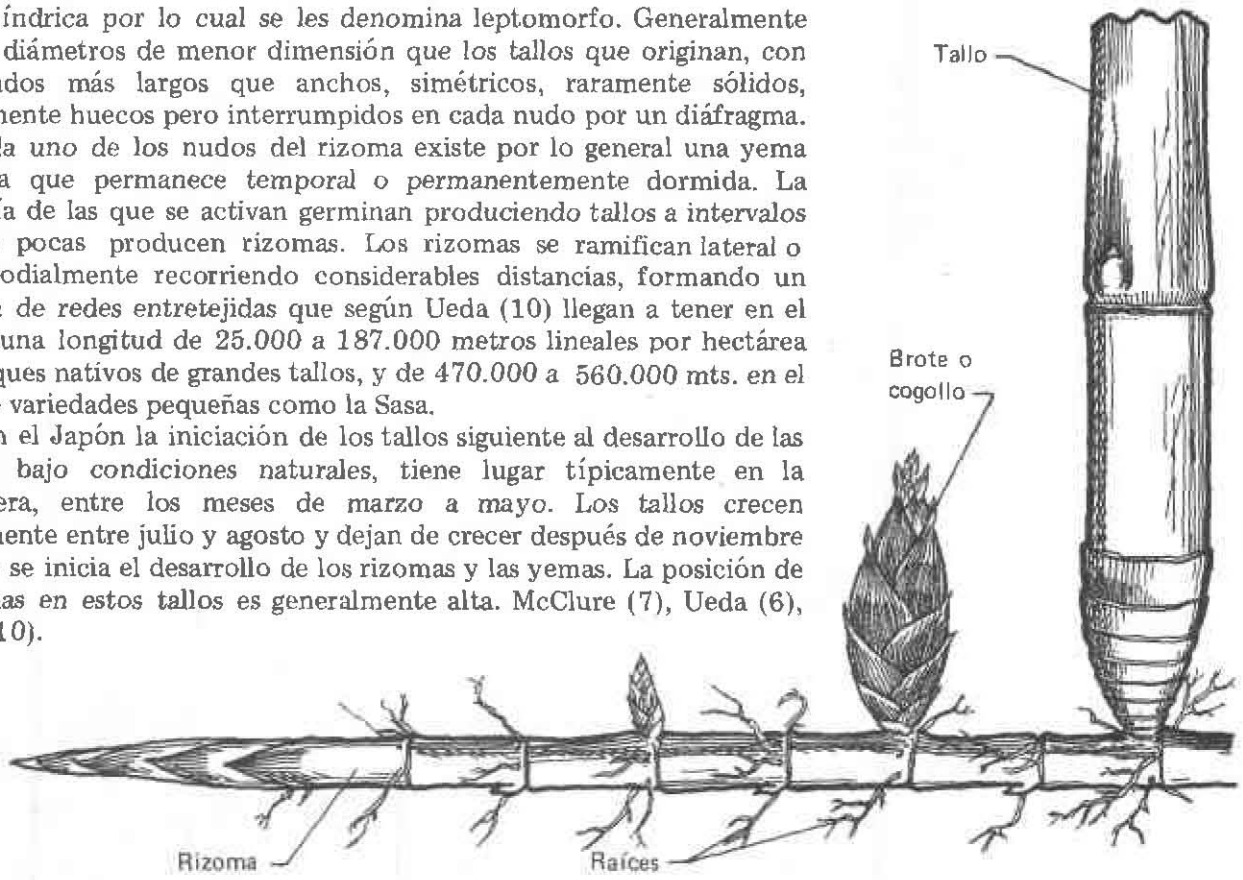
Sistema de rizoma Paquimorfo de la Bambusa Tuldoides, visto en perspectiva. Comprende varios rizomas producidos en años sucesivos. La cubierta del rizoma se ha suprimido para mostrar las yemas laterales, la raíz primordia y otros detalles. La raíz primordia puede permanecer inactiva o dormida indefinitivamente. - Reproducido de McClure (7).

2.2.1.2 Grupo Leptomorfo (Monopodial, Traçant)

GENEROS TIPICOS: *Arundinaria, Phyllostachys, Sasa, Semi-arundinaria, Shibataea, Sinobambusa.*

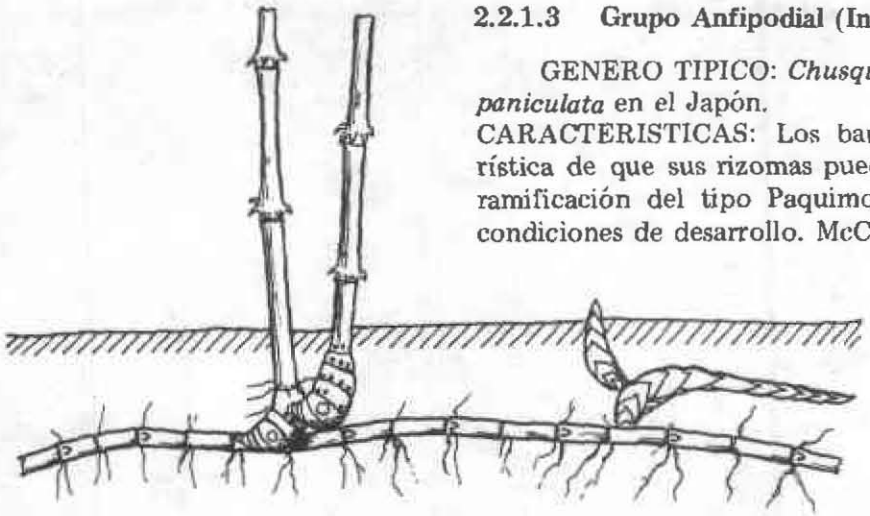
CARACTERISTICAS: Los bambúes de este grupo son resistentes a temperaturas heladas y se desarrollan mejor en climas con inviernos no extremadamente fríos. Muy pocas especies sobreviven temperaturas un poco inferiores a −18°C (0°F). Sus rizomas tienen forma cilíndrica o casi cilíndrica por lo cual se les denomina leptomorfo. Generalmente tienen diámetros de menor dimensión que los tallos que originan, con internudos más largos que anchos, simétricos, raramente sólidos, típicamente huecos pero interrumpidos en cada nudo por un diáfragma. En cada uno de los nudos del rizoma existe por lo general una yema solitaria que permanece temporal o permanentemente dormida. La mayoría de las que se activan germinan produciendo tallos a intervalos y unas pocas producen rizomas. Los rizomas se ramifican lateral o monopodialmente recorriendo considerables distancias, formando un sistema de redes entretejidas que según Ueda (10) llegan a tener en el Japón una longitud de 25.000 a 187.000 metros lineales por hectárea en bosques nativos de grandes tallos, y de 470.000 a 560.000 mts. en el caso de variedades pequeñas como la Sasa.

En el Japón la iniciación de los tallos siguiente al desarrollo de las yemas, bajo condiciones naturales, tiene lugar típicamente en la primavera, entre los meses de marzo a mayo. Los tallos crecen activamente entre julio y agosto y dejan de crecer después de noviembre cuando se inicia el desarrollo de los rizomas y las yemas. La posición de las ramas en estos tallos es generalmente alta. McClure (7), Ueda (6), Ueda (10).



Sistema de rizoma Leptomorfo. Las yemas laterales del rizoma pueden generar un nuevo tallo o nuevos rizomas.

Los tallos de bambú del grupo Leptomorfo, se ven aislados en la superficie, pero bajo tierra sus rizomas se entretejen formando una gigantesca red como se aprecia en la fotografía, la que corresponde a una vieja plantación del Japón, en la cual se entrelazan varios sistemas de rizomas.



Ramificación de un sistema de rizoma del grupo Anfipodial, correspondiente a la Chusquea fendleri. Las yemas de los ejes subterráneos pueden producir en una misma planta rizomas paquimorfos o leptomorfos, o ambos, como se muestra en el dibujo.

2.2.1.3 Grupo Anfipodial (Intermedio).

GENERO TIPICO: *Chusquea* y algunas especies tales como la *Sasa paniculata* en el Japón.
CARACTERISTICAS: Los bambúes de este grupo tienen la característica de que sus rizomas pueden presentar en una misma planta una ramificación del tipo Paquimorfo y/o Leptomorfo de acuerdo a las condiciones de desarrollo. McClure (7), Ueda (6).

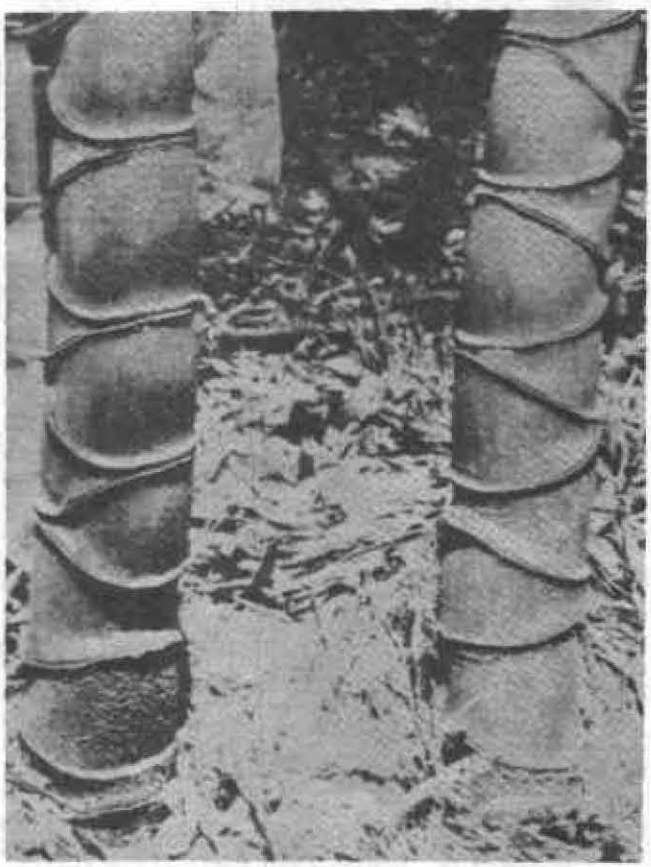
2.2.2 EL TALLO

Los tallos de bambú se caracterizan por tener forma cilíndrica y entrenudos huecos, separados transversalmente por tabiques o nudos que le imparten mayor rígidez, flexibilidad y resistencia. Sin embargo, existen unas pocas especies cuyos tallos toman formas muy curiosas, como el llamado "concha de tortuga" que se indica en la fotografía, que corresponde a una variación de la *Phyllostachys edulis*. Otra especie como la *Phyllostachys quadrangularis* tiene tallos con entrenudos aplanados por lo cual se le denomina "bambú cuadrado de China". Vale la pena anotar que también es posible, por métodos artificiales darle forma cuadrada al bambú y aún deformarlo en sentido longitudinal como se explica detalladamente en otra parte de este libro.

Algunas especies tienen tallos sólidos, tendencia que se presenta algunas veces en el Dendrocalamus strictus y comunmente en las especies *Arundinaria prainii* y *Oxytenanthera stoksii* que por esta circunstancia se les denomina en la India "bambúes machos" en contraposición a los que tienen tallos huecos que se consideran como "bambúes hembras". Según Satow (11), los términos "macho y hembra" son utilizados en el Japón para indicar respectivamente bambúes que tienen nudos prominentes y planos.

Los tallos difieren, según la especie, en altura, diámetro y forma de crecimiento. Algunos son tan pequeños que sólo tienen unos pocos centímetros de altura, y unos cuantos milímetros de diámetro. Otros como los del género *Arundinaria*, no pasan de ser simples arbustos, y los más grandes como el *Dendrocalamus giganteus* que llegan a tener hasta 40 metros de altura (120 pies), y diámetros hasta 30 centímetros en promedio. Marco Polo cuenta que en uno de sus viajes por el oriente vio bambúes de 45 centímetros de diámetro, que eran utilizados como botes. Otras referencias a este respecto se indican en Etimología, página 5.

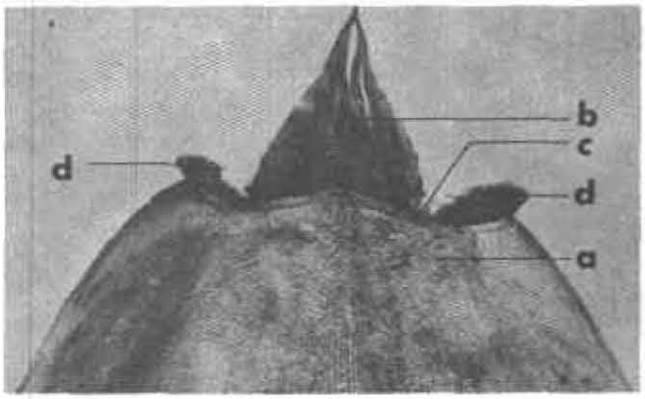
Bambú llamado "concha de tortuga"; es una de las formas más raras y hermosas de tallos, que se emplean en el Japón con propósitos decorativos.



En cuanto a la forma de desarrollo, la mayor parte de los bambúes tienen tallos que crecen erectos, pero unos pocos, como los correspondientes a las especies *Teinostachyum Helferi*, *Arundinaria prainii*, y *Cephalostachyum capitatum* se extienden; otros como el *Pseudostachyum polymorphum* del Himalaya oriental, tienen hábitos trepadores. Por último existen unas pocas formas que son herbáceas tales como el *Microbambús macrostachys* y *Atractocarpa olyriformis* que crecen en el Camerón. Raizada y Chatterji (5).

El tallo se origina en las especies del grupo Paquimorfo en el ápice del rizoma, y en las del grupo Leptomorfo, en una de las yemas laterales del rizoma. En este último grupo las yemas se desarrollan lentamente hasta formar la base del tallo, que tiene un grosor mayor que el del rizoma.

Debido a su tejido delicado, el tallo está protegido con brácteas u hojas de forma triangular que lo recubren, las cuales se originan en cada uno de los nudos que se van formando. Estas brácteas tienen una gran importancia en la clasificación e identificación de los bambúes.



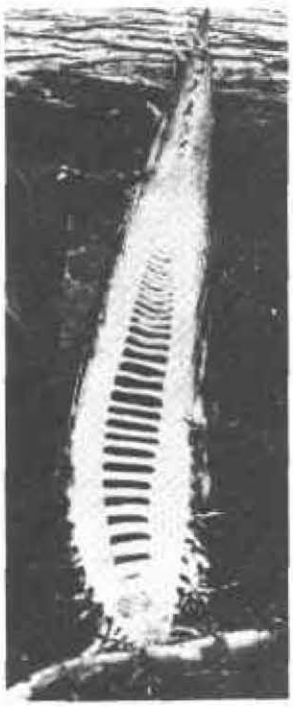
Parte superior de la cubierta del tallo de la Bambusa Vulgaris, en la cual se observan: a) Cubierta propiamente dicha; b) Hoja de la cubierta; c) Ligula; d) Par de auriculas (ligeramente desiguales).

Una vez que el bambú brota del suelo, lo hace con el máximo diámetro que tendrá de por vida es decir, éste no aumentará y por el contrario disminuirá proporcionalmente con la altura.

Inicialmente, el crecimiento del tallo es muy lento entre los 60 y 90 centímetros de altura pero luego gana velocidad hasta completar la altura máxima propia de su especie o proporcional a su diámetro. Posteriormente el tallo no crecerá más en altura, iniciándose luego el desarrollo y crecimiento de sus ramas y hojas.

Terminada la formación de sus hojas, se inicia el período de sazonamiento o de maduración que por lo general alcanza su máximo grado entre los 3 y los 6 años. Inicialmente el bambú es blando y muy poco resistente pero a medida que transcurre su período de sazonamiento o madurez, estas propiedades van aumentando gradualmente hasta llegar a su límite máximo después de los 3 años. Esta variación de dureza y de resistencia del tallo, es aprovechada industrialmente para utilizarlo en la fabricación de papel, en la elaboración de productos artesanales y, después de los 3 años, cuando tiene mayor resistencia, en construcción.

Un detalle muy interesante que se presenta en el crecimiento inicial del bambú, es que al hacer un corte vertical de un cogollo de 50 cms. de altura aproximadamente, se observa como si el tallo completo estuviera comprimido dentro del cogollo, con todos sus nudos y entrenudos. Posteriormente el crecimiento se manifiesta por la elongación completa y sucesiva de cada uno de los entrenudos, comenzando por el inferior y terminando por el último superior, con el cual termina también el crecimiento del tallo. El crecimiento del entrenudo se sabe cuando termina porque la bráctea o cubierta que protege al tallo se desprende ligeramente del nudo inmediatamente inferior.



Fotografía de un corte longitudinal hecho en un cogollo o brote de 20 días, en el cual se observan los diafragmas nodales y la relación entre el rizoma y la raíz. Reproducida de Young y Haun (120).

2.2.2.1 Crecimiento del Tallo

Según Ueda (6), el período de crecimiento de un tallo desde el momento en que emerge del suelo hasta adquirir su altura total es de 80 a 110 días en especies del grupo Paquimorfo y de 30 a 80 en las del grupo Leptomorfo.

En las especies del grupo Leptomorfo o Monopodial, el crecimiento de los tallos se efectúa en dos períodos:

a) El primer período corresponde al de mayor desarrollo del tallo y su crecimiento es equivalente al 93% de su altura total. Durante este período el crecimiento es vigoroso.
b) En el segundo período, que es de crecimiento lento, se completa la parte superior del tallo o sea la equivalente al 7% de la longitud total.

En las especies del tipo Paquimorfo o Simpodial que se desarrollan en verano u otoño, los dos períodos anotados anteriormente no pueden distinguirse claramente, debido a que el tallo crece lenta y continuamente.

El crecimiento de los tallos del bambú es tan rápido, que no existe planta en la naturaleza que lo iguale. En condiciones normales y en la época de mayor desarrollo, el crecimiento promedio en 24 horas es de 8 a 10 centímetros (3 pulgadas) y en algunos casos de 38 a 40 centímetros (15 a 16 pulgadas), como sucede en el *Dendrocalamus giganteus*. Por lo general la rata de crecimiento es continua durante 30 días aproximadamente y puede ser variable.

Según Ueda (6) el récord de crecimiento en 24 horas obtenido hasta hoy es el siguiente:
91.3 cms. para la *Bambusa arundinacea*, observada en Kew Gardens, Inglaterra (1.855).
88. cms. para la *Phyllostachys edulis* observada por K. Shibata en los Jardines Botánicos de Koishikawa, Tokio (1898)
119 cms. para la *Phyllostachys edulis* observada por K. Ueda en Nagaoka, Prefectura de Kyoto (1955)
121 cms. para la *Phyllostachys edulis*, observada por K. Ueda en Nagaoka, Prefectura de Kyoto (1956).

El profesor Y. Shigematsu de la Universidad de Miyasaki del Japón, encontró que el crecimiento diario está relacionado positivamente con la temperatura y negativamente con la humedad. En las especies del género *Phyllostachys* que brotan en la primavera en Japón el crecimiento durante el día usualmente es mayor que durante la noche en una relación de dos tercios. Por el contrario en especies de tipo tropical, como la *Leleba multiplex* que brota en verano, crece en muchos casos, más durante la noche, aún en Kyoto. En la India, el *Dendrocalamus strictus* crece dos veces más durante la noche, que en el día. En el caso del *Dendrocalamus giganteus*, Osmaston no encontró una relación directa entre la rata de crecimiento con la temperatura y la iluminación, sin embargo, observó que el crecimiento durante la noche era casi el doble que en el día. Ueda (6), Sineath y otros (12).

2.2.2.2. Determinación de la altura del tallo.

Se ha encontrado que existe una relación entre el diámetro de un tallo, tomando a la altura de los ojos, y la longitud del mismo. Ueda (6) realizó varios estudios al respecto en las especies *Phyllostachys reticulata y P. edulis* en el Japón y logró obtener una serie de datos que permiten determinar la altura de estas especies, con base a su diámetro.

El autor pudo observar en el Japón una costumbre muy interesante que tienen especialmente los compradores de bambú para calcular aproximadamente la altura de los tallos grandes. Esta consiste en multiplicar la longitud de la circunferencia del tallo, a la altura de los ojos, por 60 ó multiplicar la longitud del diámetro por π ó (3,1416) para obtener la longitud de la circunferencia y luego por 60. Por ejemplo un tallo que tenga una longitud de circunferencia, a la altura de los ojos, de 44 cms., tendrá una altura de 44 x 60 = 26.40 metros. Si en lugar de la longitud de la circunferencia, se toma como base el diámetro en el mismo tallo, éste equivaldría aproximadamente a 14 cms. y la altura total a 14x3.1416x60=26.38 metros.

En general, este sistema se toma como base para juzgar la calidad del tallo, pues se consideran de buena calidad los tallos que tengan una altura igual o mayor a la calculada y muy regulares los de altura menor. Por otra parte parece que el sistema sólo se emplea en tallos que tengan una dimensión mayor de 5 cms.

2.2.2.3 Determinación de la edad del tallo.

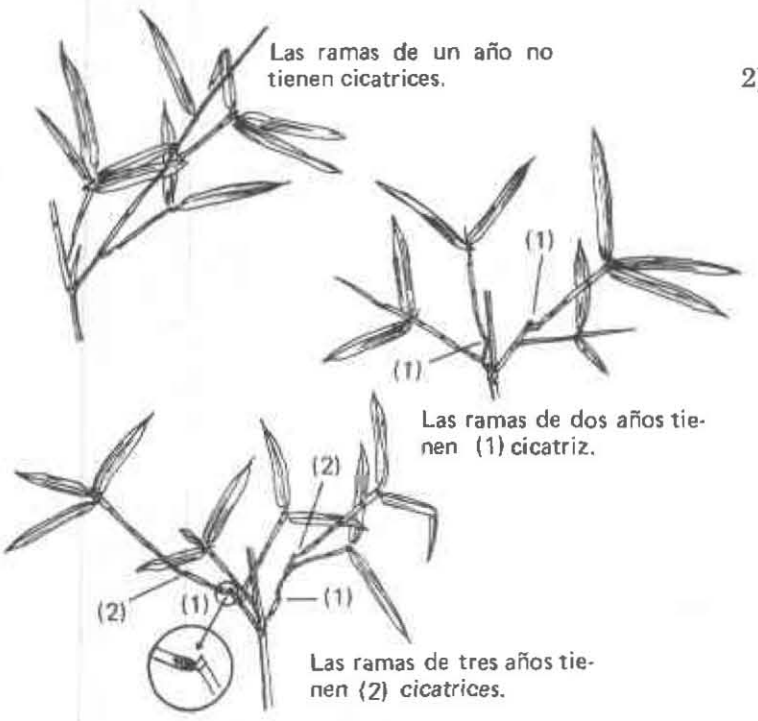
La dimensión o el diámetro de un tallo de bambú no debe tomarse como base para la determinación de su edad, como sucede con los árboles, en los que su edad puede calcularse según el número de anillos de crecimiento anual que se observan en la sección transversal del tronco. En el caso del bambú se toman como base algunos cambios o características que se presentan en la planta periódicamente, algunos de los cuales pueden variar de una especie a otra; los más conocidos hasta hoy son los siguientes:

Según Deogun (8) en el *Dendrocalamus strictus* en la India, la edad se determina en la siguiente forma:

1) Los tallos nuevos o menores de un año producidos en las últimas lluvias se ven frescos, con brácteas aún adheridas a los nudos y los entrenudos están cubiertos con una pelusilla blanca cerosa que se desprende con tocarla. Usualmente estos tallos tienen pocas o ninguna rama.

2) Los tallos de uno a dos años pueden aún retener las brácteas en ciertos puntos y en tal caso están muy secas y de un color oscuro, algunas veces erectas y otras colgando de los nudos. Los entrenudos son de color verdoso con una delgada pelusilla desarrollada uniformemente y más áspera cerca a los nudos, que se desprende al sobarla ligeramente con el dedo. Las ramas de los lados están presentes en los nudos.
3) Tallos de 3 años generalmente no tienen brácteas pero si alguna permanece está descolorida y rota, sin caer por algo que la obstruye. La pelusilla ya no es uniforme pero está jaspeada por manchas más oscuras y no se cae al sobarla con el dedo.
4) Tallos de 4 años son verdes, con poca o ninguna pelusilla. En lugares fríos aparecen en la superficie de los internudos manchas oscuras que salen fácilmente al sobarlas. Aún en tallos de mayor edad se ven manchas amarillas sobre el verde que es signo de madurez.

Ueda (6) anota otro sistema para determinar la edad del bambú, por medio de las cicatrices que se forman en las ramas cada vez que el bambú renueva sus hojas, lo que sucede cada año o año y medio. Cuando las hojas se caen, nuevas ramas y hojas se desarrollan en la parte más próxima al nudo de donde se desprendieron las primeras.



Método para determinar la edad de un tallo de bambú por el número de cicatrices dejadas por las hojas.

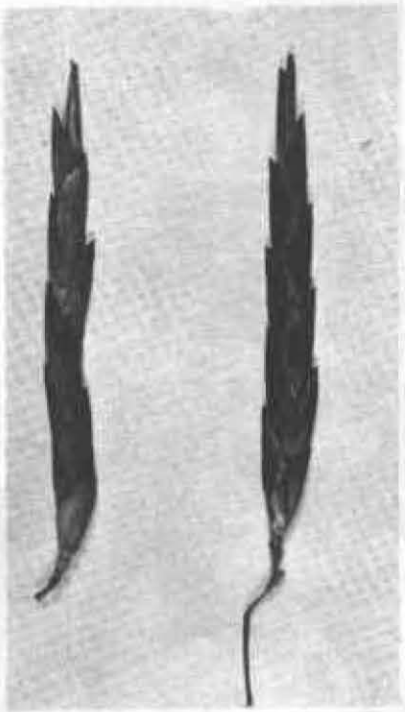
En la Bambusa guadua, los tallos sazonados, muestran manchas blancas que son mayores en cantidad e intensidad de acuerdo al grado de sazonamiento.

Rehman e Ishaq (13) sugieren las siguientes normas para determinar el grado de madurez de los tallos:

1) La posición del bambú en la mata. Generalmente la mata de bambú del tipo paquimorfo o cespitoso, se desarrolla hacia la periferia; por lo tanto, los bambúes localizados más hacia el centro de la mata, están más maduros que los de la periferia.
2) El contenido de humedad. Los bambúes inmaduros tienen un contenido inicial de humedad mayor que los maduros. El contenido de humedad en las diferentes partes del tallo es casi el mismo para bambúes inmaduros, pero en los maduros la humedad decrece con la altura del tallo. En los experimentos realizados en el Forest Research Institute, Dehra Dun, India, en 4 especies de bambúes maduros, dieron los siguientes contenidos de humedad en las diferentes partes del tallo:

	Base	Centro	Ext. superior
B. nutans	72.7%	56.5%	47.2%
B. arundinacea	89.1	86.4	76.6
D. hamiltonii	90.2	70.7	48.2
D. strictus	72.5	68.1	58.5

3) Dureza externa. La superficie de los bambúes inmaduros es blanda y la de los maduros dura.
4) El color de los bambúes inmaduros es fuerte, el de los maduros más claro.



Espiga del bambú. La semilla una vez madura es utilizada para su propagación o como alimento humano.

2.3 PROPAGACION DEL BAMBU

Por lo general, los bambúes del grupo Paquimorfo (Simpodial, Cespitoso), como los del Leptomorfo (Monopodial, Traçant), se propagan por semilla y por fracción vegetativa. En el primer caso se emplea un procedimiento común, pero cuando se hace por fracción vegetativa los métodos son diferentes. Es importante anotar que la experiencia ha demostrado que cada uno de estos métodos tiene sus ventajas, y en ciertas circunstancias cada uno puede estar sujeto a limitaciones para la propagación de un bambú en particular.

2.3.1 PROPAGACION SEXUAL O POR SEMILLA

Este tipo de propagación es muy poco utilizado debido a la dificultad que existe para conseguir las semillas, que son obtenidas en el florecimiento esporádico o gregario del bambú, que por lo general se presenta con muchos años de intervalo, siendo imposible predecir con seguridad la época de florescencia de una determinada especie.

Sobre la recolección, almacenamiento y duración de la viabilidad de la semilla, Deogun (8) realizó algunos estudios al respecto con semillas del *Dendrocalamus strictus*. Sobre este particular considera que llegado el momento del florecimiento de un bambú, el mejor momento para la recolección de la semilla es después de que madure. Puede ser colectada del suelo, que se limpia previamente, o colocando un paño sobre el suelo y luego sacudiendo los tallos. En algunos casos es mejor cortar los manojos de las flores. Para cálculos de mano de obra, se considera que una persona puede colectar de 4 a 6 libras de semilla por día en un área donde ha habido un florecimiento gregario. Una vez recolectada la semilla, debe limpiarse y en el caso de que vaya a ser sembrada algunas semanas después, debe guardarse en talegos. Si la espera es de un año debe guardarse en vasijas selladas.

De acuerdo a los experimentos realizados en el Forest Research Institute de Landsdowne, se encontró que semillas del *Dendrocalamus strictus*, con una capacidad de germinación de 56%, que habían sido guardadas en tinas selladas durante 1, 2 y 3 años, mostraron al cabo de este tiempo, una capacidad de germinación de 54%, 43% y 5% respectivamente. Pero cuando se guardaron en sacos de yute no se obtuvo germinación alguna después de un año. Antes de guardarse la semilla por uno o dos años, debe protegerse contra insectos, sometiéndola a gases de bisulfuro de carbono para matar los insectos que pueda contener.

White en 1947 realizó estudios con semillas de *Bambusa arundinacea* y dice que el método más práctico para preservar la viabilidad de las semillas fue almacenarla sobre cloruro de calcio a temperatura ambiente. Almacenarla sobre cal hidratada o sobre carbón, también es un buen método, si se refrigera. Secar la semilla hasta un contenido de humedad del 12% aumentó definitivamente la longevidad cuando se almacenó sobre cal hidratada, bajo refrigeración. De otra forma no se obtuvo ninguna ventaja con el secado.

2.3.1.1 Siembra de la semilla.

La semilla puede ser sembrada directamente in situ o en semilleros para luego trasplantar. De estos dos sistemas el segundo es el más recomendado, ya que al sembrarla in situ, es necesario estar

quitando las malezas constantemente hasta que la planta esté bien establecida. Por otra parte, los pájaros pueden comerse la semilla.

Para la siembra directa Deogun (8) recomienda en el caso de semillas de *Dendrocalamus strictus*, sembrarlas a una profundidad de 10 a 15 centímetros (4 a 6 pulgadas) o a una mayor profundidad en suelos pobres. Cuando se hacen semilleros éstos deben estar bien localizados dentro del área de cultivo y próximos a una fuente de agua. La era debe tener una altura de 30 a 45 cms. (12" a 18") sobre el nivel del suelo, y apropiadamente ondulada.

La semilla del *Dendrocalamus strictus*, dice Deogun (8), debe sembrarse tan pronto como esté disponible en los meses de mayo a junio; pero si el año anterior ha permanecido guardada en tinas, debe sembrarse en marzo o abril. La siembra se hace colocando la semilla en huecos pequeños separados 22 cms. (9") cubriéndolas ligeramente. Después de sembrada la semilla debe regarse cuidadosamente con una pequeña regadera. Los semilleros deben mantenerse en condición húmeda hasta cuando se inicie la germinación; no deben dejarse secar; la cantidad de agua que se emplee, depende de la época y de las condiciones del suelo. Según experimentos realizados, se considera que un sombrío ralo o ligero hecho de tablillas, es mucho más conveniente que un sombrío tupido para lograr una mayor germinación de las semillas.

El trasplante usualmente se hace cuando la planta tiene uno o dos años pero se han logrado resultados satisfactorios en plantas de 1 y 2 meses que tienen de 15 a 45 cms. de altura. Las de un año tienen una altura entre 0.90 y 1.20 metros; y las de dos años entre 1.50 y 2.10 metros. El trasplante se hace sacando la mata con la tierra que tenga adherida. Las plantas más grandes pueden ser podadas hasta cierto punto. La experiencia ha demostrado que la pérdida de las hojas equivale a pérdida de crecimiento.

Las planticas deben llevarse al lugar de la siembra en canastos cubiertos con hojas. Las raíces no deben exponerse al sol y debe tenerse cuidado de no averiar las yemas de los rizomas. En la India, el trasplante se hace con las primeras lluvias de los monzones obteniéndose muy buenos resultados. Deogun (8). White durante sus experimentos con semillas de *Bambusa arundinacea*, sembró a 6 milímetros de profundidad y 2,5 cms. de separación, en filas distanciadas 10 cms. La germinación ocurrió una semana después. Cuando las plantas tuvieron una altura de 15 a 20 cms. fueron trasplantadas en recipientes individuales con un galón de tierra. El trasplante en el campo fue hecho cuando las plantas tenían de 60 a 90 cms. de altura. McClure (7). La utilización de semillas en el cultivo de bambúes, es el método más económico y conveniente cuando se trata de propagar gran número de plantas.

2.3.2 PROPAGACION ASEXUAL O POR FRACCION VEGETATIVA

Los métodos de propagación vegetativa tanto de los bambúes del grupo Paquimorfo como los del Leptomorfo son similares en algunos aspectos; sin embargo, la experiencia ha demostrado que algunos de ellos dan mejores resultados para un grupo que para el otro. Por otra parte, en un mismo grupo cada uno de estos métodos tiene sus ventajas y en ciertas circunstancias pueden estar sujetos a limitaciones para la propagación de un determinado bambú.

2.3.2.1 Propagación de Bambúes del grupo Paquimorfo

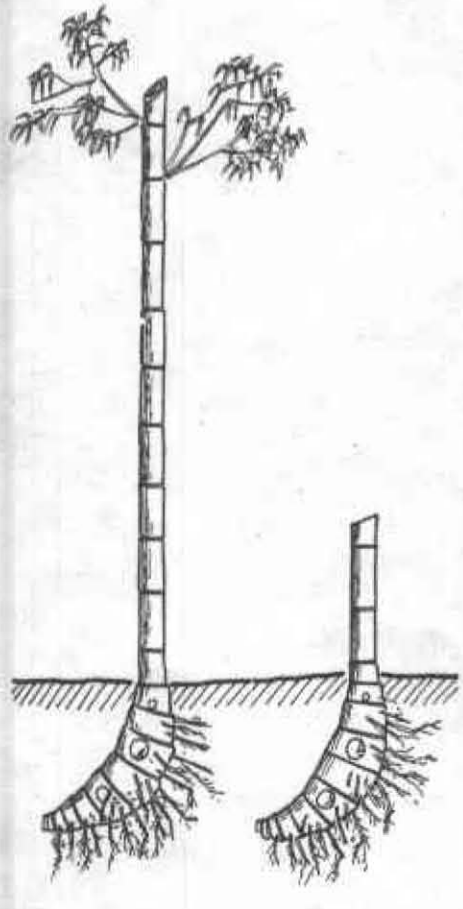
La propagación de los bambúes de este grupo puede realizarse por cualquiera de los siguientes métodos:

a. Por trasplante directo
b. Por rizoma y parte del tallo.
c. Por rizoma solo
d. Por segmentos del tallo.

a. Por trasplante directo.

En este caso el propágulo está constituido por el tallo completo con ramas, follaje y rizoma, que es trasladado y sembrado en el sitio correspondiente, tratando de conservar las diversas partes lo más intactas posible. Este sistema da el más alto grado de éxito tanto por la rata de supervivencia como del subsecuente desarrollo. Por lo general se emplea este sistema cuando se desea trasplantar un número muy pequeño de tallos con fines ornamentales.

En cuanto a la preparación del material, McClure (7) dice que es de gran importancia al separar el rizoma del bambú madre, cortarlo en la parte más delgada del cuello con el fin de que la superficie cortada tenga la menor área posible. Además, el tejido en este punto parece tener una gran resistencia a la descomposición. Por otra parte, recomienda obtener los propágulos de la periferia de la mata, que son los más aptos para lograr buenos resultados.



Rizoma y parte del tallo. Los tallos pueden tener hasta 90 cms. de longitud o incluir las ramas de los primeros nudos como se indica en el dibujo.

b. Por rizoma y parte del tallo.

Este sistema presenta mayores ventajas sobre el anterior, en cuanto se refiere a economía de material, transporte, facilidad de preparación y de obtención. Tradicionalmente es el método preferido para la propagación de ciertas especies de bambúes como son: *Dendrocalamus strictus*, *Bambusa tuldoides* y ha dado muy buenos resultados en la propagación del *Melocanna baccífera* y *Oxytenanthera abyssinica*. Sin embargo, parece que en la propagación de otras especies como en la *Bambusa textilis*, estos propágulos no dan resultado; por ejemplo, McClure (7) dice que de acuerdo con sus experimentaciones realizadas con la *Bambusa textilis* sólo pudo obtener buenos rendimientos en la rata de supervivencia utilizando propágulos de dos tallos (en lugar de uno) de uno y dos años respectivamente, unidos por el rizoma. Deogun (8) considera que el método de utilizar el rizoma y parte del tallo es el que mejores resultados da en la propagación de las especies del *Dendrocalamus strictus* y anota que los propágulos deben prepararse de tallos que tengan en lo posible un año de edad y nunca de más de dos años, siendo necesario que mantengan alguna porción del rizoma con una yema, como mínimo, cuidando de no lastimarla en el momento de plantarla. Los tallos deben cortarse de 60 a 90 cms. de longitud. (2 a 3 pies).

El éxito de este método depende en parte de la vitalidad del rizoma utilizado y de la época del año en que se siembre. Si los rizomas se toman de plantas jóvenes y saludables y se siembran simultáneamente con la iniciación de las lluvias, puede esperarse éxito; pero si los rizomas son tomados de viejas plantas y sembrados antes de las lluvias resultará un completo fracaso. El grado de éxito es variable pero puede ser del 100%.

c. **Por rizoma solo.**

Son muy pocas las informaciones existentes que indiquen los detalles de los procedimientos y precauciones relacionadas con la propagación de bambúes por medio de rizomas solos. Por esta razón McClure (7) indica algunas referencias típicas como son:

Dabral (1950 : 313) dice que el mejor método establecido por experimentos comparativos y de análisis estadístico por el Provincial Silviculturist de Madras, es el de la siembra del rizoma. No menciona especies ni detalles.

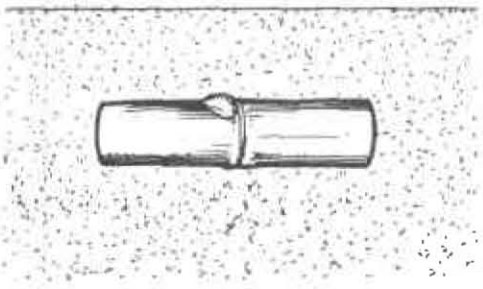
Ahmed (1956 : 530) dice que la Bambusa tulda es exitosamente propagada en proyectos de reforestación en Singbhum, India, por medio de rizomas sembrados in situ con un 80% de éxito. No se mencionan detalles sobre la edad del material, preparación, ni época de siembra.

McClure considera que el procedimiento más simple para obtener el rizoma es tomarlo de la periferia de la mata, y no de la parte interna de ella, puesto que la tarea se complica demasiado.

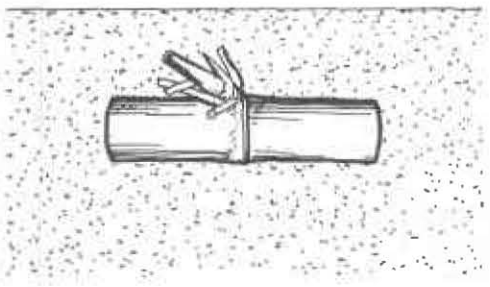
d. **Por segmentos del tallo.**

En este caso el propágulo está constutuido por una sección completa del tallo aproximadamente de una longitud de un metro y de uno a dos años de edad que tengan uno o varios nudos con yemas o ramas. Las ramas generalmente se cortan hasta de 30 cms., de longitud. Estas secciones pueden ser sembradas verticalmente o en ángulo y deben tener al menos un nudo bien cubierto. McClure (7) observó que este sistema es utilizado con éxito en la propagación de algunas especies como la *Bambusa vulgaris*.

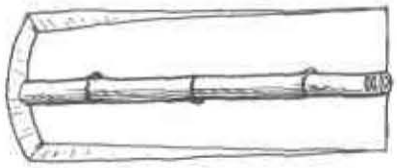
Algunos bambúes del tipo Paquimorfo no responden favorablemente a este método de propagación. Deogun (8) dice que este sistema no dió resultado en Dehra, con el *Dendrocalamus strictus*, a pesar de que se experimentó con secciones de tallos de todas las edades y se sembró horizontal y verticalmente. Sin embargo en otras regiones como en Pinijaur se tuvo en 1889, un 95% de éxito.



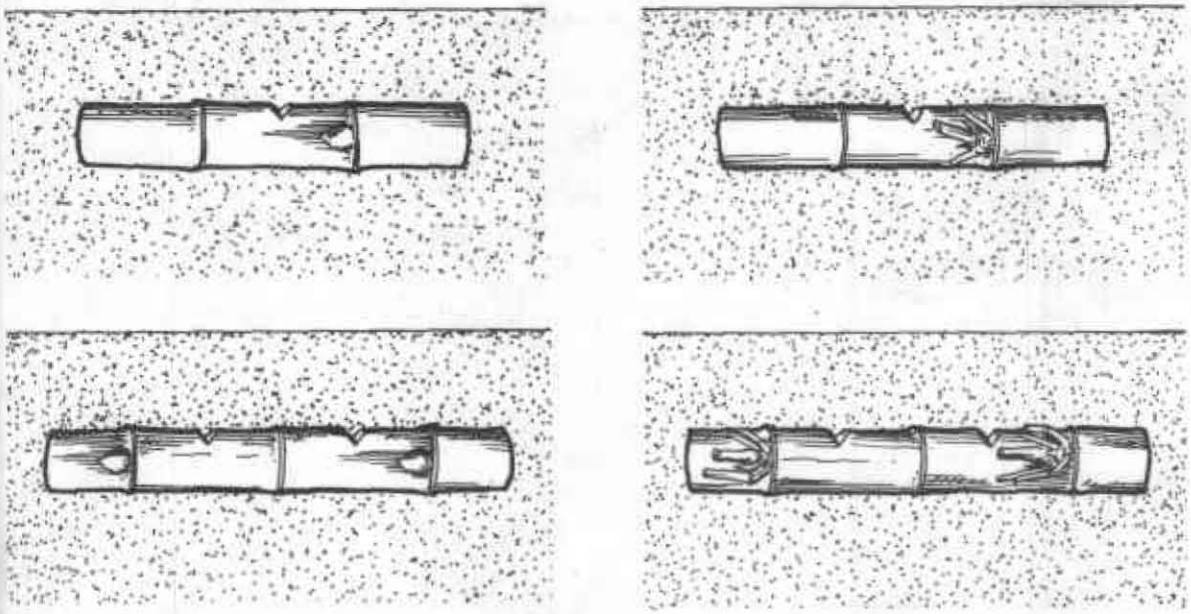
Segmento de tallo con nudo y una yema.



Segmento de tallo con un nudo y parte inferior de las ramas. Los segmentos pueden colocarse en el vivero en arena húmeda hasta que se desarrollen las raíces.



Sistema utilizado por McClure para la propagación de bambúes del Grupo *Paquimorfo. Consiste en sembrar en* forma inclinada segmentos basales de 1 metro de longitud. Las muescas que se indican en el extremo saliente se emplean como identificación.



Los segmentos de tallo pueden estar formados por uno o dos entrenudos con yemas o con la parte inferior de las ramas. Cada uno de los entrenudos se perfora y se llena con agua, después de lo cual se siembra in situ, o se dejan en arena húmeda hasta que se formen suficientes raíces y luego se trasladan al lugar de cultivo.

Uno de los sistemas de cultivo del bambú empleando segmentos del tallo, que el autor ha experimentado con buenos resultados, consiste en sembrar una sección de bambú con uno o dos entrenudos completos que contengan buenas yemas. En la parte superior de cada entrenudo se hace un hueco y se llena con agua hasta las dos terceras partes, como se indica en la fotografía; posteriormente se recubre con tierra y se riega la superficie con agua. Este sistema, que el autor aprendió del profesor Kun - Fu Liao de la Universidad de Taichung, Taiwan, es muy apropiado para ser empleado en suelos relativamente secos.

La perforación de los entrenudos puede hacerse por medio de un taladro o haciendo un corte en "V" con un machete En la fotografía se muestra la forma cómo cada uno de los entrenudos se llena de agua hasta las 3/4 partes de su capacidad.

2.3.2.2 Propagación de Bambúes del Grupo Leptomorfo

La propagación vegetativa de los bambúes del grupo Leptomorfo puede realizarse por uno de los siguientes métodos:

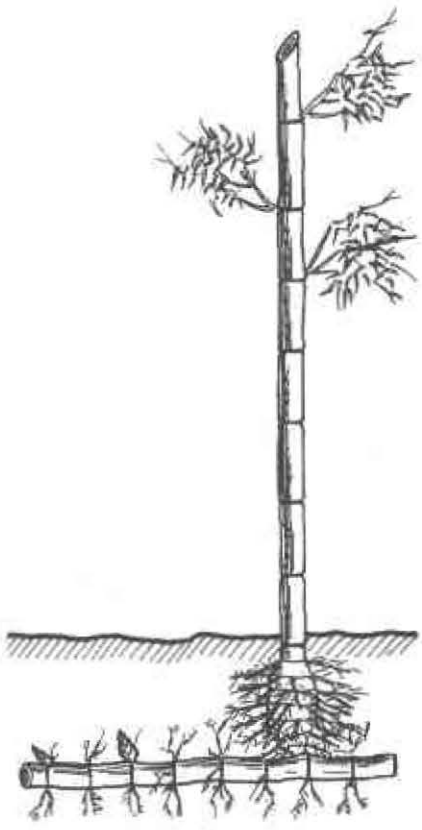
a. Por trasplante directo.
b. Por tallo con raíces y rizoma
c. Por cepa con raíces y rizoma.
d. Por rizoma con raíces.

a. Por trasplante directo.

El proceso de trasplante directo en el grupo Leptomorfo es similar al Paquimorfo, con la diferencia de que en este caso, el rizoma debe ser cortado en dos partes. La planta puede ser podada antes de cortar las raíces o inmediatamente después, para disminuir la pérdida de agua a través de las hojas. Es aconsejable dejar tanto follaje como sea posible y proteger el propágulo del sol e irrigarse ampliamente.

b. Por tallo con raíces y rizoma.

Se utilizan en este método tallos jóvenes nacidos en el mismo año o en el anterior. Se prefiere la utilización de tallos grandes pero los pequeños también pueden ser usados. Se dejan las ramas en varios nudos, removiéndose la parte superior del tallo. El rizoma del tallo debe ser de color amarillento, joven, vigoroso y portador de buenas yemas. No deben usarse rizomas viejos. La longitud de los rizomas debe ser de 40 a 60 cms., con aproximadamente 10 nudos y yemas. Las raíces fibrosas del tallo y rizoma deben dejarse. El rizoma debe cortarse con serrucho. Debe evitarse el corte con hacha que puede causar daños a las yemas debido al fuerte impacto. Ueda (6).



Tallo con raíces y rizoma.

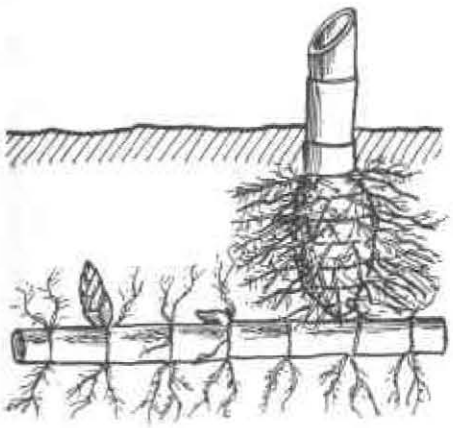
c. Cepa con raíces y rizoma.

En este caso el tallo no tiene ramas y se corta de una longitud de 30 cms. El procedimiento es igual al indicado en el párrafo anterior.

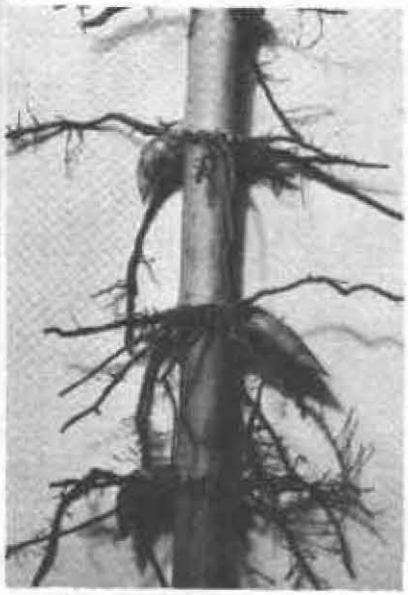
d. Por rizoma con raíces.

Ueda (6) considera de acuerdo a su experiencia, que los rizomas con raíces que se utilicen deben tener de 50 a 60 cms. de longitud con 10 a 15 nudos. Los rizomas con raíces de 2 a 3 años de edad son los más satisfactorios. Rizomas mayores de 5 años son inapropiados. Este método lo recomienda para el transporte a lugares distantes. En tal caso deben envolverse en musgo, cubriéndolos luego con hojas de vinylo después de removida la tierra. Posteriormente deben dejarse en el vivero, en una cama de 20 centímetros de altura cubiertos con tierra. En la siguiente primavera pueden trasplantarse cuando los tallos comiencen a crecer.

Los Rivieres (1879 : 505), dice McClure, (7) fueron los primeros en describir la propagación del bambú por medio de rizomas, indicando las siguientes condiciones para lograr buen éxito al usar material joven. Utilizar rizomas de 15 a 20 centímetros de largo con 3 ó 4 nudos que tengan yemas intactas. Irrigar cuando sea necesario. Deben plantarse en abril para climas fríos y en invierno para climas cálidos. La profundidad de siembra debe ser de 10 a 15 cms. y sugieren espaciamiento de 25 cms.



Cepa con raíces y rizoma.



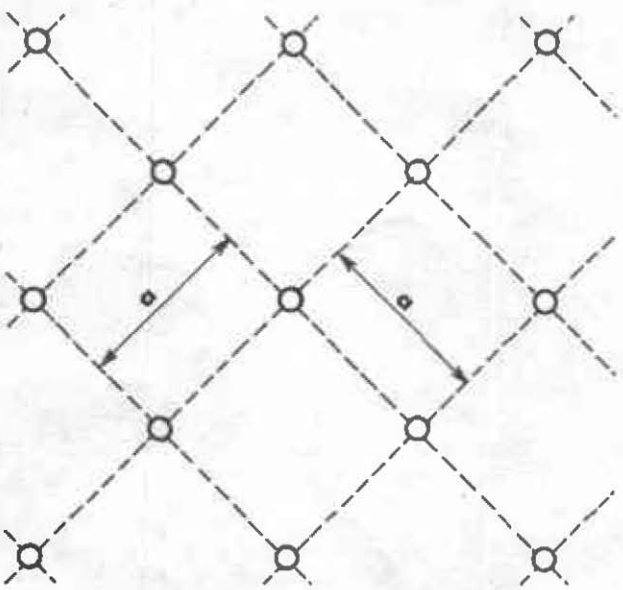
Rizoma Leptomorfo apropiado para cultivo. En él pueden observarse las raíces y algunas yemas en desarrollo.

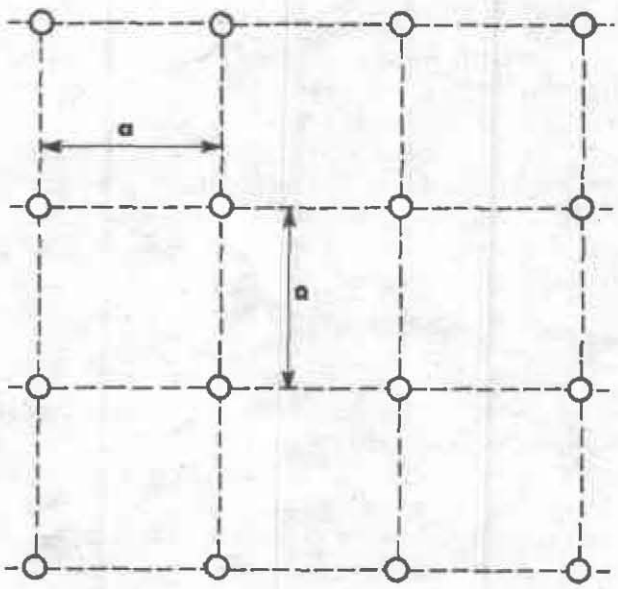
Tsuboi (1913), es indicado por McClure, (7) como el autor que suministra la más completa información sobre el cultivo de bambúes en el Japón por medio de rizomas. Recomienda utilizar rizomas saludables de 2 a 3 años con yemas intactas, de longitudes comprendidas entre 45 y 60 cms. Considera que existen 2 tipos de rizomas dentro de este grupo: los que conservan su posición normal subterránea y los que emergen particularmente en los barrancos de los ríos y zanjas. Estos últimos que han sido expuestos a la luz y al aire por algún tiempo los describe como los más fáciles y seguros de usar. Hace hincapié en conservar el material húmedo desde el momento de ser desenterrado hasta que sea nuevamente plantado. Debe plantarse horizontalmente a distancias de 17.5 cms. y cubiertos con 7.5 cms. de suelo de buena calidad, mezclado con ceniza de paja como fertilizante, firmemente compactado y luego humedecido. Posteriormente, para conservar la humedad del suelo debe adicionarse estiércol y paja y construir un sombrío que proteja los cogollos jóvenes que nazcan, de los rayos del sol. Recomienda utilizar en la cama propagadora del vivero suelos con arena gruesa en lugar de suelos gredosos o arcillosos que pueden producir pudrición. Los suelos arenosos deben humedecerse con abonos líquidos que deben aplicarse mientras se desarrollan los cogollos.

2.3.3 DISTANCIA DE LA SIEMBRA

Cuando se trasladan las plantas del semillero a la zona de cultivo, o se van a sembrar directamente en ella, ya sea las semillas o las plántulas, la distancia recomendada para la siembra de especies del tipo paquimorfo o leptomorfo es de 3 a 4.50 metros, en distancias cuadradas, por ejemplo, de 3 x 3 metros o 4.50 x 4.50, según el diámetro normal de los tallos de la especie que se cultive o sea que a mayor diámetro, mayor debe ser la separación. No es conveniente sembrar a una distancia menor de 3 metros por la congestión que se forma al cabo de varios años, debido a la ramificación de los rizomas y a la existencia de un número cada vez mayor de tallos.

Distancia de la siembra. Ya sea que la siembra se efectúe en base a una retícula diagonal u horizontal la separación (a) no debe ser menor de 3.00 metros ni mayor de 4.50 metros.





2.4 FLORECIMIENTO DEL BAMBU

El florecimiento es uno de los fenómenos más extraordinarios que tiene el bambú. A pesar de ser una planta perenne que se propaga asexualmente, su florecimiento se presenta por lo general en períodos más o menos regulares que fluctúan, según la especie, entre 3 y 120 años, obedeciendo a un ciclo de vida de la planta, que está comprendido por el intervalo de tiempo entre la germinación de la semilla y el siguiente florecimiento, después de lo cual la planta muere, como ocurre con otras gramíneas tales como el trigo, la avena, la cebada, etc. Porterfield (2)

2.4.1 TIPOS DE FLORECIMIENTO

Existen dos tipos de florecimiento: el esporádico y el gregario. El florecimiento esporádico sólo se presenta en tallos aislados de una misma mata o en una parte de un bosque de bambú formado por una sola especie. En este caso sólo los tallos florecidos mueren.

El florecimiento gregario se presenta cuando florece la totalidad de los tallos ya sea de una mata aislada o de un bosque formado por una sola especie, caso en el cual la totalidad de los tallos y rizomas de la mata mueren. Cuando las semillas han madurado en la planta, caen al suelo y germinan iniciándose así una nueva generación. Es muy importante anotar que se han presentado casos en que unos pocos rizomas se han recuperado después del florecimiento, lo suficiente, para producir nuevos rizomas.

Parte de una rama florecida. Las flores son similares a las espigas del trigo. Algunos bambúes florecen hasta cada 120 años, después de lo cual la planta completa muere y los tallos se secan.

Troup dice que el florecimiento gregario tiene lugar en tres etapas continuas que se inician por un florecimiento esporádico gradual, que puede presentarse en pequeñas áreas o sobre cientos de kilómetros cuadrados extendiéndose luego en una dirección definida.

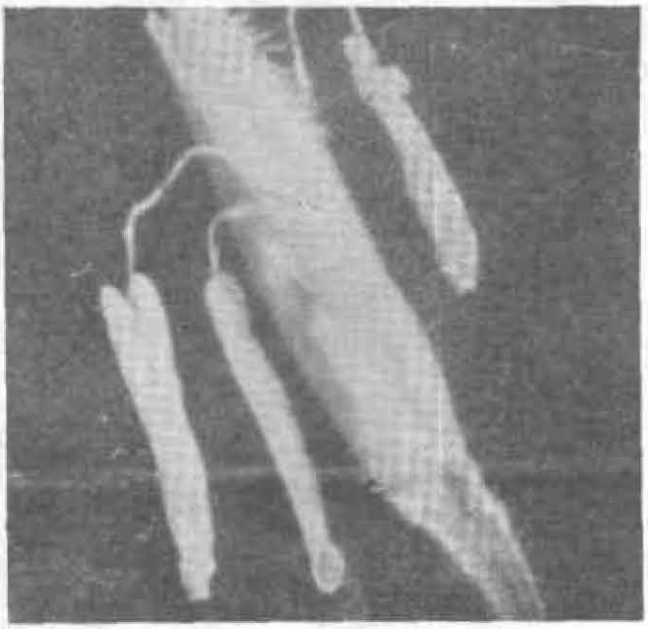
Según Deogun (8) cuando el florecimiento se presenta en el *Dendrocalamus strictus*, los tallos retienen sus hojas durante su iniciación pero gradualmente las pierde a medida que progresa el florecimiento hasta que sólo quedan flores. En algún momento, ya sea antes o inmediatamente después de que la semilla madura, se desprende, el tallo, sea joven o viejo, comienza a secarse de arriba hacia abajo y generalmente muere un año después de caída la semilla. Si un nuevo tallo brota de un rizoma que tiene un tallo florecido, este nuevo tallo produce flores en el primer año de su crecimiento y luego muere.

2.4.2 CAUSAS DEL FLORECIMIENTO

Realmente no se sabe a ciencia cierta cuáles son las causas que originan el florecimiento y muerte del bambú; sin embargo, existen algunas teorías como son:

2.4.2.1 La edad

Según Deogun (8) parece que el bambú como los animales, tienen más o menos una edad fija



Flor del bambú. En la parte inferior se observan los 3 estambres y en la superior el pistilo. El florecimiento del bambú es uno de los grandes enigmas de esta planta y en algunos países del Asia se considera como presagio de una época de hambre o de infortunio.

reproductiva. Esta edad puede estar afectada por influencias que la aceleran o la retardan. Se ha podido obtener informaciones de que el florecimiento en una localidad se presenta en un período definido, siendo su variación dentro del área mucho menor que entre diferentes localidades. Lo más probable es que el bambú se adapta a una localidad y adquiere un ciclo que puede variar en relación a otras localidades.

2.4.2.2 Daños por insectos o enfermedades.

Según Ueda (6) el daño causado por insectos o enfermedades no debe considerarse como la causa del florecimiento; sin embargo, puede promoverlo.

2.4.2.3 Influencias climáticas.

La influencia climática en la florescencia del bambú ha sido comprobada ampliamente por Deogun (8), quien establece la coincidencia entre los años de hambre causados por la sequía en la India y la época del florecimiento del bambú. Indica 29 épocas diferentes entre 1812 y 1901, con la fecha del florecimiento y sequía; la zona de bambúes florecidos, el área afectada por el hambre y las especies florecidas. (Pág. 77 Silviculture and Management of the Bamboo).

2.4.2.4 Influencia fisiólógica.

Según Deogun, antes del florecimiento tienen lugar ciertos cambios químicos, tales como la acumulación del almidón en el rizoma o una gran reserva de azúcar y otras sustancias alimenticias en el tejido, que son influenciadas por el suelo y condiciones climáticas. El corte sistemático de tallos puede retardar la formación de reservas para el florecimiento. En forma similar, un mal tratamiento o corte continuo de los tallos, puede estimular el florecimiento.

Gamble (Ind. For. 1899 pp 185 - 200) expresa que el florecimiento es retardado por una explotación apropiada del bambú. F.C. Osmaston (in litt 1934), anota que, parece que la intensidad esporádica del florecimiento en Angul está confinado a áreas intensamente explotadas.

2.4.3 INDICACIONES DEL ACERCAMIENTO DE LA FLORESCENCIA.

Brandis (Ind. For. 1909), menciona la creencia que existe en Burma de que la no producción de nuevos tallos en una época determinada es síntoma de que se aproxima la florescencia del bambú. Troup (Silviculture of Indian Trees, Oxford 1921) dice que esto ha sido confirmado por observaciones realizadas.

Deogun (8) dice que ello puede ser cierto para algunas especies, pero lo considera muy dudoso para el Dendrocalamus strictus, según sus observaciones.

2.4.4 CICLOS DE VIDA DE ALGUNAS ESPECIES

El ciclo de vida de una determinada especie puede variar de acuerdo a las condiciones del lugar en que se desarrolle. Los siguientes son los ciclos de vida que se han obtenido de algunas especies, según Brandis, Troup, Parker, Huberman (9), Ueda (6), Deogun (8).

Arundinaria falcata	28 - 30 años.
Bambusa arundinacea	30 - 45 años.
Chusquea abietifolia	32 años.
Dendrocalamus strictus	20 - 40 años.
Bambusa tulda	35 - 40 años.
Melocanna bambusoides	10 - 50 años.
Bambusa polymorpha	55 - 60 años.
Phyllostachys nigra	60 años.
Phyllostachys reticulata	60 - 100 años.
Schizostachyum species	30 - 34 años.

Hasta el presente no se ha determinado el ciclo de vida en ninguna de las especies nativas de

América. Con relación a la *Bambusa guadua*, nativa de Colombia y Ecuador, no existen hasta hoy informes de que se haya presentado un florecimiento gregario, por lo cual se considera que su ciclo de vida puede ser muy largo.

En cuanto al florecimiento esporádico de esta especie, parece que se presenta con alguna frecuencia, como lo ha visto y sabido el autor en varias ocasiones en la región geográfica del valle del río Cauca en Colombia. La primera fué observada en marzo de 1973 en el guadual de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional en Palmira, donde un tallo de bambú floreció. Lo más curioso de este florecimiento es que se presentó en un tallo deforme.

En abril del mismo año el ingeniero agrónomo Adriano Cabal informó al autor de que había observado desde un helicóptero dos guaduales próximos al ingenio azucarero Central Castilla que mostraban signos de florescencia parcial, lo que fue comprobado por el autor. En ambos casos se trataba de un florecimiento esporádico. Los guaduales se encontraban uno de otro, a una distancia aproximada de 8 kilómetros. Uno de ellos parece que era explotado intensivamente, lo que se considera como una de las causas del florecimiento. También es importante anotar que, en la época en que se presentaron estos florecimientos, había en toda la región un intenso verano lo que pudo haber influido.

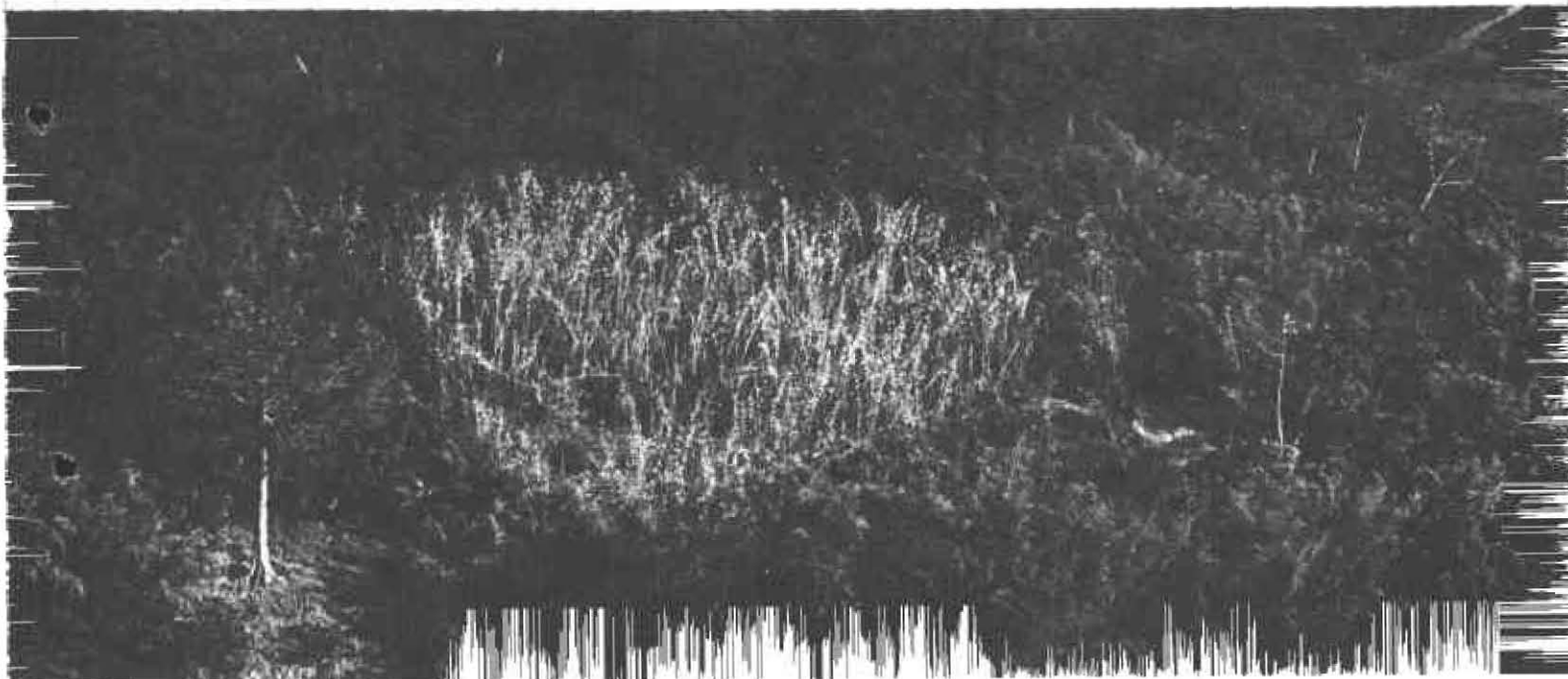
Alguna vez un agricultor contaba al autor que años antes se había presentado en su finca una enfermedad tan rara en su guadual, que secó la mayor parte de las guaduas y que por consejo de un técnico agrícola había destruido todo el guadual por temor a que ello pudiera afectar sus otros cultivos. Al explicarle que ello pudo deberse al florecimiento del bambú no lo creyó pues nunca supo que el bambú floreciera, y menos que la planta después de florecer muriera.

Es muy posible que estos florecimientos esporádicos, causados por diversos factores, se presenten en pequeña escala, con alguna frecuencia en las distintas regiones del país, sin embargo ellos pasan inadvertidos porque el campesino o las personas que están en permanente contacto con el guadual, si tienen oportunidad de ver las flores, que a veces se confunden con las hojas y las ramas en los follajes muy altos, no se imaginan que sean flores o no le dan mayor importancia porque ignoran las consecuencias del florecimiento del bambú.

En contraposición a las observaciones realizadas por el autor vale la pena anotar el comentario hecho por Humbold quien dice que "Mutis durante 20 años de estar realizando trabajos botánicos en los bosques de *Bambusa guadua* (en Colombia) ni una sola vez vió en ellos una flor". Freeman (1).

Sólo cuando tengamos consciencia de que el florecimiento gregario de la guadua puede traer como consecuencia la destrucción completa de un guadual o de todos los guaduales de una región y que luego su regeneración tardaría de 8 a 10 años, tiempo durante el cual no se encontrarían guaduas ni para la construcción de encofrados de estruc-

La aerofotografía muestra un guadual localizado próximo a la laguna de Sonso en Buga, Colombia, donde aparentemente parece que se hubiera presentado un florecimiento esporádico ocurrido un año antes, ya que los tallos se ven secos y muchos de ellos caídos: sin embargo, otras aerofotografías tomadas de diferentes ángulos; mostraron que la zona central permanecía inundada por algún tiempo, produciendo los mismos daños que un florecimiento. Aérofotografía tomada en 1971 por el Sr. Mario Gardeazábal.



turas de concreto, ni para construir viviendas; entonces sí estaremos pendientes del florecimiento de nuestro bambú. Para lograr este objetivo es necesario que las entidades oficiales relacionadas con la rama forestal y agrícola den instrucción a sus técnicos sobre este particular, para que ellos a su vez las transmitan a los agricultores, como también las normas a seguir una vez que se presente el florecimiento, las cuales se indican en esta sección.

El florecimiento simultáneo y la muerte de todos los tallos y rizomas jóvenes y viejos de un bosque formado por una sola especie de bambú, es indicativo de que el bosque completo es una sola mata. Pero lo más sorprendente es que otras matas aisladas, bosques o plantaciones que se hubieran originado por reproducción vegetativa, utilizando rizomas o tallos del primero, florecen al mismo tiempo a pesar de que se encuentren en lugares muy distantes.

Los hermanos Rivière relatan que en 1867 se presentó un florecimiento en las especies de *Arundinaria japónica* existentes en los Bosques de Boulogne, lo que sucedió simultáneamente en otras colecciones europeas de bambú, como fueron entre otras: en los viveros de Thibaut y Keteleer en Sceaux, en los jardines de M. Paulin Talabot en Marsella y al otro lado del Mediterráneo en los jardines de Hamma en Algeria. Después de una prolongada investigación se encontró que las plantas florecidas tanto en Europa como en Algeria, habían sido reproducidas vegetativamente por propágulos obtenidos de las plantas de esta especie introducidas a Europa por Siebold en 1850.

En cuanto al aspecto económico del florecimiento, quizás el más importante es la producción de semillas. Las semillas pueden caer al suelo y generar nuevos rizomas que en pocos años producen tallos de dimensiones normales, o también pueden ser utilizados como alimento, como se acostumbra en la India.

El bambú reproducido por semillas tiene tallos muy delgados y pequeños el primer año, pero en los siguientes va aumentando su longitud y diámetro hasta que finalmente se obtienen los tallos con las dimensiones características de su especie. Este proceso toma de 3 a 7 años según la especie y las condiciones del lugar en donde se desarrolla, tiempo durante el cual la industria que lo utilice estará inactiva lo que puede tener graves consecuencias económicas, a no ser que disponga de otras especies que reemplacen la florecida.

De acuerdo con las informaciones que le fueron suministradas al autor directamente por algunos expertos del Japón, el florecimiento de la especie más utilizada en dicho país para la elaboración de artesanías, hubiera traído como consecuencia una parálisis de 8 a 10 años en la industria artesanal del Japón, que sería el tiempo de espera para que la planta a partir de las semillas diera tallos con la dimensión propia de su especie, y alcanzara su madurez. Para prevenir este problema, que sería catastrófico para la economía del país, se estudiaron y cultivaron intensivamente otras especies que podrían reemplazar en un momento dado a la especie más utilizada; por esta razón actualmente existen en el Japón varias especies que se emplean en artesanía.

2.4.5 TRATAMIENTO POSTERIOR AL FLORECIMIENTO

Ueda (6) considera que debe hacerse el siguiente tratamiento para promover la recuperación:

1. Los bambúes que han florecido deben cortarse y utilizarse; pero los que no han florecido debendejarse.

2. Los pequeños bambúes regenerados que se desarrollan después del florecimiento son el principio de los nuevos bambúes pertenecientes a la siguiente generación y deben dejarse sin cortar por los siguientes años.

3. El recobramiento puede promoverse con la aplicación de fertilizantes.

4. Bambúes saludables deben dejarse siempre. Los atacados por insectos o enfermedades promueven el florecimiento y deben cortarse.

5. En el caso de especies del tipo Leptomorfo, es más aconsejable trasplantar inmediatamente secciones o propágulos que sembrar las semillas después de la florescencia; aplicando fertilizantes, posteriormente.

6. Debe evitarse el simultáneo florecimiento gregario de todos los bambúes; para ésto es importante sembrar bambúes mezclados; seleccionados de diferentes lugares que tengan un período de florecimiento diferente. No es recomendable descuidar la planta después del florecimiento y muerte y esperar el recobramiento natural. Lo importante es controlar el florecimiento de la siguiente generación.

A pesar de que los bambúes que se desarrollan después del florecimiento son delgados, los mayores de 4 años deben suprimirse cada año o cada segundo año.

2.5 PLAGAS Y ENFERMEDADES

2.5.1 INSECTOS

2.5.1.1 Daños causados por insectos en plantas vivas.

1. La *Estigmina chinensis* (Chrysomelidae) ataca sólo los tallos nuevos en crecimiento y como consecuencia los entrenudos se hacen cortos y algunas veces se tuercen. Si el ataque es severo, los tallos se pierden. Los huevos los dejan en los tallos tiernos y posteriormente el daño que causa la larva hace detener el crecimiento del tallo. Si el ataque es en ambos lados, los internudos no crecen. Si es sólo a un lado, el entrenudo se dobla hacia ese lado.
2. *Cyrtotrachelus longipes* (curculionidae) es un gusano que ataca el ápice superior de los tallos nuevos y en la mayoría de los casos se lo come. El crecimiento se desvía a nuevas ramas que salen de los nudos superiores. Deogun (8).
3. Según Ueda (5) la larva de *Aprathea vulgaris* o *Melanotus cete*, ataca los nuevos tallos, dando como resultado tallos mal desarrollados, particularmente en cultivos de *Phyllostachys reticulata*.

Métodos de control: Los tallos que han sido atacados se deben cortar y quemar en el invierno cuando el insecto se encuentra en hibernación.

2.5.1.2 Daños causados por insectos en bambúes cortados.

1. El *Dinoderus minutus* y el *D. pilifrons* (Bostrychidae).
2. El *Bostrichus parallelus* (Bostrychidae)
3. *Stromatium barabatum* (Cerambycidae).

Estos insectos atacan los tallos cortados, a excepción del *Dinoderus minutus* que también ataca los tallos enfermizos en la mata. La larva hace numerosas galerías y dejan los tallos inservibles.

Ueda (6) recomienda como método de control apilar los tallos en un cuarto sometiéndolos luego a los gases de bromuro metílico, utilizando una proporción de una libra por 1.000 pies cúbicos. Ver en tratamientos, otros métodos de control.

2.5.2 HONGOS

En 1955 el Comité de Ciencia y Tecnología de la Prefectura de Osaka, realizó una investigación sobre el ataque y prevención de los hongos en los productos del bambú. El informe respectivo dice que existen alrededor de 79 clases de hongos, que incluyen 29 de Penicilium, 25 de bacterias imperfectas, 19 de Aspergillus, 5 de Mucor y uno de Rhyzopus.

Según Kawaguchi (30), los hongos habitan en la estratosfera o sea a 10.000 metros por encima de la tierra, y en las profundidades del mar en el interior de algunas conchas. Por esta razón no se les encuentran fácilmente a nuestro alrededor. Una vez que las condiciones de temperatura, humedad y de alimento son propias para ellos, invaden el lugar propagándose rápidamente.

Lo más importante para prevenir el ataque de los hongos en los productos de bambú, es que tengan un contenido de humedad, inferior al 15% o sea que la humedad relativa del aire que los rodea debe ser menor del 60%. Por otra parte la temperatura ambiente preferiblemente debe ser menor de 20°C. En el Japón la humedad relativa del aire es de 70% a 90% en la estación húmeda, por esta razón, a los productos de bambú una vez secos se les aplica un tratamiento apropiado contra los hongos. (Ver en Artesanías: Tratamiento Preventivo).

2.6 EL BAMBU COMO ALIMENTO.

Desde tiempos inmemoriales el bambú ha sido utilizado por muchos pueblos orientales como alimento humano y animal. Como alimento humano se emplean: los cogollos tiernos de ciertas especies, y la semilla; la que sólo se utiliza con este propósito cuando se presentan florecimientos gregarios. Como forraje o alimento animal se utilizan las hojas del follaje.

Además son comestibles y no propiamente utilizadas como alimento, ciertas exudaciones que se presentan en los tallos florecidos en algunos lugares de la India, consistentes en una goma de color blanco quebradiza, de sabor dulce debido a la gran cantidad de sacarina que contiene.

Cogollo de bambú listo para ser cortado y utilizado como alimento.

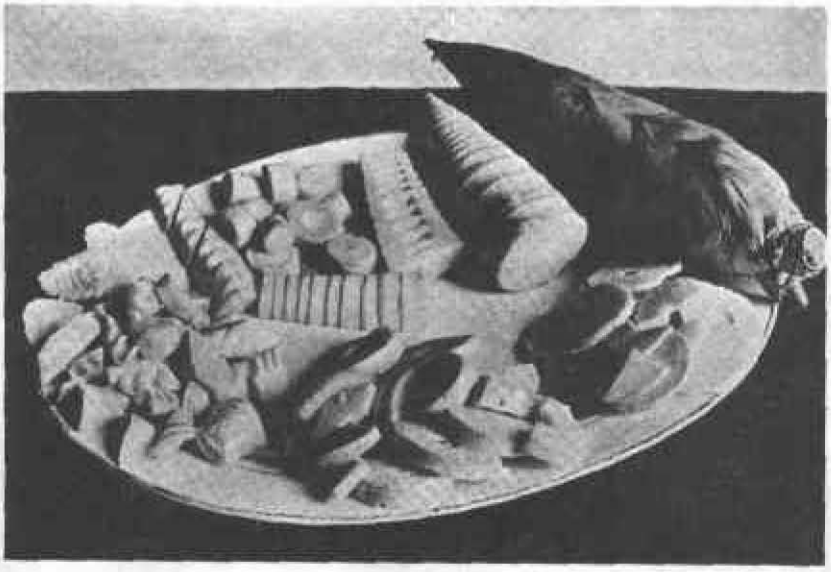
2.6.1 ALIMENTO HUMANO

2.6.1.1 El Cogollo.

Se considera como cogollo del bambú la parte inicial de un tallo en formación que ha emergido del suelo y tiene una altura promedia de 30 centímetros; después de cortado se le remueve la cubierta y se utiliza como alimento, una vez cocido. Su color es blanco y tiene la apariencia y consistencia de la papa. Su sabor es parecido al de la nuez, ligeramente dulce. Según análisis realizados en China, contiene un 90% de agua, 3.2% de proteinas, 0.2% de grasa y 6.2% de carbohidratos, además de vitamina B.

Los cogollos más apetecidos en el oriente son los de las especies *Phyllostachys edulis*, *Ph. quilloi* y *Ph. mitis*. que se venden en los mercados en 4 formas diferentes: frescos, secos, en encurtido y enlatados. Su consumo ha llegado a tal grado que sólo Japón produce anualmente un poco más de 80.000 toneladas de cogollos, parte de los cuales son enlatados y vendidos a los países vecinos y a los Estados Unidos. En China y Japón los cogollos cortados al comienzo del invierno, se consideran como los mejores y por ello tienen un mayor precio. Los cortados en abril y mayo son más grandes pero más propensos a ser fibrosos.

Su preparación se inicia desde antes de que emerjan los cogollos del suelo. En determinadas épocas los campesinos recorren descalzos sus cultivos de bambú. Cuando sus dedos sienten el ápice o la punta del cogollo que está por brotar, apilan sobre éste un montón de tierra para mantener el cogollo cubierto el mayor tiempo posible, con el fin de que se conserve blanco, en la misma forma como se hace en el cultivo del espárrago. Si el cogollo queda expuesto por mucho tiempo se vuelve verde y fibroso. A menudo los campesinos en lugar de apilar la tierra sobre el cogollo, lo cubren con una caja de madera para mantenerlo en la oscuridad. El Cogollo es cortado 10 ó 15 días después de haber brotado, cuando su altura es de 30 cms. aproximadamente. Después de cortado debe evitarse su pérdida de agua. En caso de que sea necesario transportarlos a gran distancia se colocan dentro de un canasto con barro.



Cogollos de bambú después de ser cocidos y de removida la cáscara. Se emplea en ensaladas y en combinación con otros platos.

Según Satow (11) "el consumo de los cogollos de bambú es como el de las medicinas, que para lograr un buen efecto deben tenerse en cuenta ciertos cuidados, de lo contrario pueden ser peligrosos. Así por ejemplo: al extraerlos debe evitarse que les dé el sol y el viento. Si se exponen al sol su corazón se vuelve duro; si se humedecen con agua su tejido se endurece.Si se cortan con cuchillo cuando están crudos, dejan de ser blandos. El sabor se obtiene hirviéndolos una vez se les quita la cáscara. Deben hervirse largo tiempo. No deben comerse crudos porque son dañinos para la salud. Los que tengan un sabor irritante son malos para la garganta y deben hervirse con ceniza de madera para quitarles este sabor".

Muy posiblemente el sabor irritante se debe a que muchas especies contienen cierta cantidad de cianógeno, que desaparece al hervir los cogollos.

2.6.1.2 La Semilla.

En la India y en algunas partes de China existe la creencia de que el bambú florece sólo cuando se avecina una época de sequía y de hambre lo que realmente ha sucedido en repetidas ocasiones, como se anotó anteriormente. Para entonces, la gente baja de las montañas a recoger las semillas, que luego utilizan como alimento preparándolo en igual forma que el arroz y vendiendo los excedentes en los mercados.

Porterfield (2) dice que en 1864 se presentó un florecimiento gregario en los bosques de Soopa, en la costa occidental de la India y que no menos de 50.000 personas de los distritos de Dharwar y Belgaun permanecieron en dicho bosque durante 14 días recogiendo la semilla que ellos consumirían durante los meses de los monzones. Cuenta también que en una época en que había hambre en Hunam distrito de Hung Shan Hsien, en China, floreció el bambú en la región salvando mucha gente. Por esta razón el florecimiento del bambú es considerado en el oriente como un acto de Dios.

En contraposición a lo anterior, el florecimiento del bambú trae como mala consecuencia la proliferación de las ratas. Según un informe de Hackel, tanto en el Brasil como en la India, las semillas del bambú son un alimento muy apetecido por las ratas y contribuye a su proliferación. Después de que consumen las semillas en una región, invaden otros tipos de cultivos vecinos, destrozándolos. La colonia alemana de Río Grande do Sul en Santa Caterina, Brasil, era visitada por esta plaga a intervalos de 13 años, lo que coincidía con el florecimiento de la especie de bambú existente en esa región. Porterfield (2).

2.6.1 ALIMENTO ANIMAL

Las hojas (del follaje) del bambú tienen gran valor nutritivo en la India, donde se emplean como forraje, particularmente cuando hay escasez de pastos. Agrada tanto a las reses como a los caballos y en algunos distritos es el alimento preferido de los elefantes.

Según McClure (4), el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos ha realizado varios experimentos a este respecto con resultados fructíferos.

2.7 ESTUDIOS BOTANICOS REALIZADOS POR MCCLURE SOBRE LA GUADUA (Bambusa guadua, Guadua angustifolia)

2.7.1 CLASIFICACION

2.7.1.1 Nombre Científico

Bambusa guadua Humbold et Bonpland, 1808 : 63
Guadua angustifolia Kunth 48 1822 b : 253
Nastus guadua (Humbold et Bonpland) Sprengel 1825. Vol. 2 : 113

2.7.1.2 Nombre Vernáculo

En Colombia: Guadua.

En Ecuador: Caña guadua, caña brava, caña mansa, según la localidad.

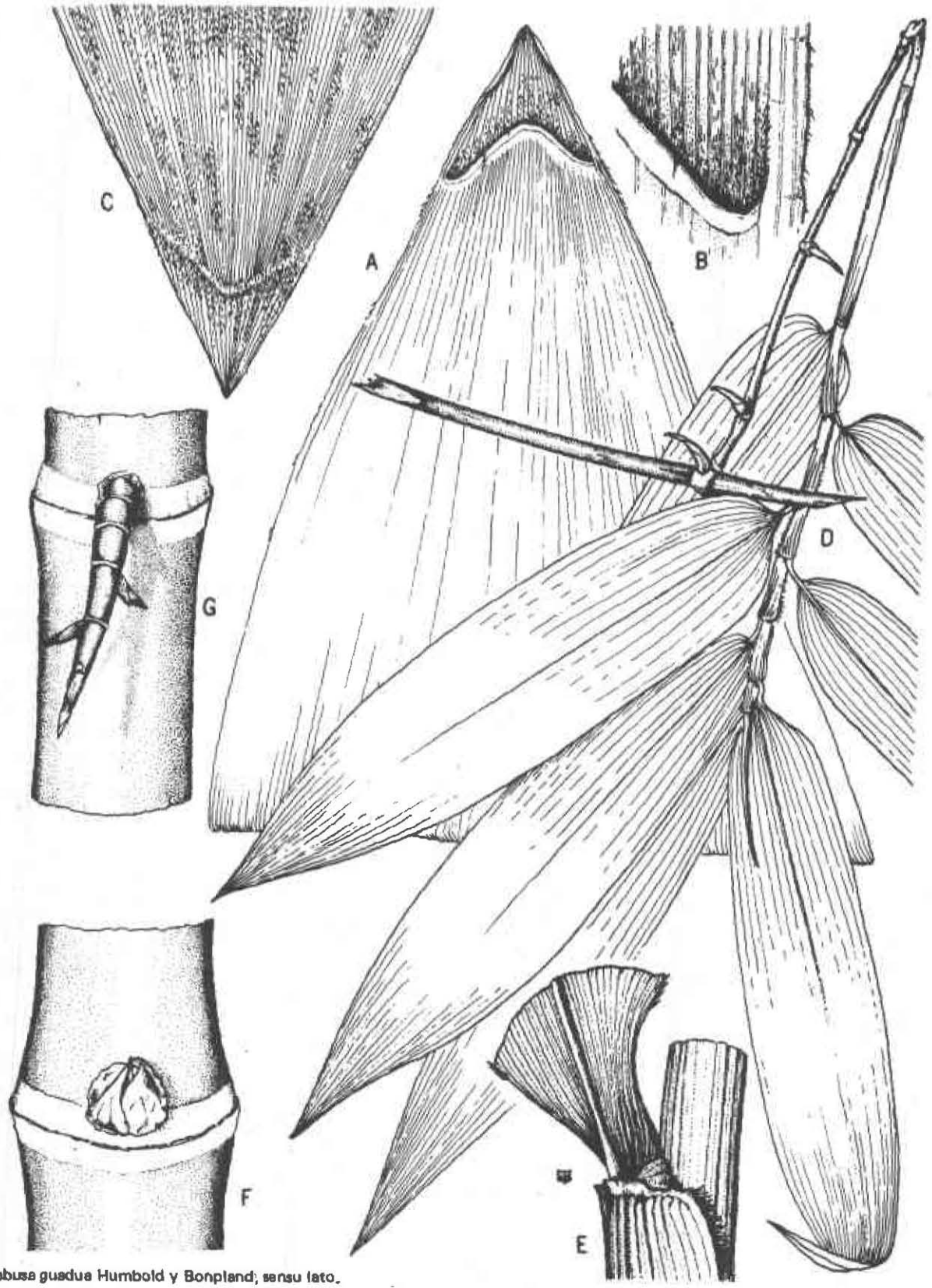
Hasta la presente el único estudio completo que se ha hecho sobre nuestra especie más sobresaliente, la guadua, ha sido el realizado por el botánico americano F.A. McClure en su libro The Bamboos a Fresh Perspective 1966, pgs. 179 - 187; del cual se ha tomado la información que se transcribe a continuación, como también los dibujos que sobre esta especie, indica en su última obra Genera of Bamboos Native to the New World (Gramineae: Bambusoideae) editado por T. Soderstrom.

Es importante anotar que en el estudio hecho por McClure, aparece la *Bambusa guadua* con el nombre de *Guadua angustifolia*, término que él posteriormente modificó, volviendo a emplear el nombre científico que tenía inicialmente o sea el de *Bambusa guadua* Humbold y Bonpland. McClure (4).

Dice McClure que entre los bambúes nativos del hemisferio occidental, la *Guadua angustifolia* es la más sobresaliente en altura, propiedades mecánicas (resistencia y trabajabilidad), durabilidad de sus tallos e importancia que sus tallos han dado a la economía local de los lugares en donde se desarrolla.

Humbold y Bonpland (1808 : 65, 66) al describir la especie y darle el nombre científico, hacen la siguiente observación:

"En América los bambúes ofrecen los mismos beneficios que en la India. La *Bambusa guadua* se emplea solamente para la construcción de casas. Las paredes se hacen de los tallos más viejos y más largos; la primera capa del techo se hace con los más delgados, mientras que la segunda capa es cubierta con las ramas jóvenes que aún tienen hojas. El empleo de los tallos de esta planta en lugar de las maderas duras de los grandes árboles que los rodean, beneficia a los nativos americanos con las siguientes ventajas: 1. La facilidad con que ellos pueden ser cortados y transportados a grandes distancias. 2. La labor reducida que se necesita para prepararlos ya sea que los empleen completos o divididos en dos partes. 3. La durabilidad de su madera que puede ser comparable a la mejor de las maderas. 4. El sistema de construcción abierto de sus casas y la protección que los gruesos techos dan de los quemantes rayos del sol, mantienen una temperatura fría y agradable durante la hora más cálida del día".



Bambusa guadua Humboldt y Bonpland; sensu lato.

A. Cubierta del tallo, vista por el lado interno.
B. Detalle ampliado de la base de la cubierta.
C. Porción superior de la cubierta vista por la cara externa.
D. Porción de las ramas de primer orden en las cuales se observan espinas.
E. Apice de la cubierta de la hoja y base de la hoja.
F. Nudo del tallo con la yema de las ramas.
G. Brote de una rama espinosa en un nudo inferior del tallo.

Los dibujos A - D basados en Gutiérrez y Barkley 17 C 609 (US) y E - G en Fosberg 19831 (US).

2.7.2 LA PLANTA — CARACTERISTICAS VEGETATIVAS

"Rizoma Paquimorfo, muy grueso, de cuello algo alargado; cespitoso. Tallos comunmente de 60 pies (18 mts.) de altura, algunas veces llegan hasta los 100 pies (30 mts.). Diámetros entre 4 y 6 pulgadas (10, y 15 cms.) excepcionalmente de 8 (20 cms.), erectos, ampliamente arqueados en la parte superior. Internudos huecos, generalmente con una acanaladura perceptible sobre el punto de unión de las ramas. Internudos inferiores muy cortos. El espesor de la pared tiene hasta una pulgada en la base del tallo. La cubierta del tallo es caediza en la parte superior del mismo, pero más o menos persistente en los nudos inferiores; densamente tomentosa en la parte posterior, especialmente hacia la base, con pequeños y persistentes filamentos de color café, más o menos densamente esparcidos con otros filamentos más largos, rígidos, vastos y puntiagudos, persistentes y fácilmente desprendibles. Carece enteramente de aurículas y setas orales en las cubiertas interiores. Lígula muy variable, generalmente bastante convexa, algunas veces truncada o encorvada. La hoja triangular que envuelve el tallo, es ancha en la base, como el propio ápice de la hoja, persistente y adosada al tallo.

Las ramas (en los tallos largos no aparecen en la mitad inferior o en las dos terceras partes de la altura, excepto en los 6 ó 10 nudos basales), son solitarias, muy espinosas en los nudos basales, usualmente 1 + 1 ó 1 + 2 por encima de la mitad del tallo y progresivamente hacia arriba más fasciculadas.

Las hojas son muy variables en tamaño y forma. En la primera etapa del crecimiento varían entre oval—lanceoladas y oblongo—lanceoladas, con dimensiones hasta 7x2 pulgadas, (17x5 cms.) y en la etapa madura varían de oblongo a linear—lanceoladas con dimensiones de 8x1/2 pulgadas, (20x1.2 cms.) comunmente lisas o casi lisas en la superficie superior, con blancos filamentos esparcidos, y muy raramente lisa en la superficie inferior, algunas veces lisa en ambas superficies. Salientes transversales son visibles entre los nervios en diferentes lugares de la superficie inferior".

2.7.3 VARIACION INFRAESPECIFICA

"Un número de variantes interesantes de la *Guadua angustifolia* han llamado mi atención. Una de ellas es la obtenida en Milagro, Ecuador que está caracterizada por su florecimiento anual. Otro tipo encontrado en Pichilingüe Ecuador en 1945 con el nombre nativo de "caña mansa" (McClure 1955 : 152) se diferencia de la variedad típica en los siguientes aspectos:

1. Desarrollo débil de las ramas y hojas en la base del tallo.
2. Espinas muy pocas, romas, cortas en las ramas inferiores.
3. La generalidad de las hojas son un poco anchas y cortas.
4. Fuerte tendencia de las ramas del tallo medio a echar raíces espontáneamente.

Un tercer tipo fue observado en la finca Santa Julia, 24 millas al sur de Vinces, Ecuador en 1945. Esta planta se distingue notablemente, por la casi completa ausencia de las largas y espinosas ramas que constituye tan formidable barrera alrededor de la base de los tallos del tipo común de las especies".

2.7.4 DISTRIBUCION Y ECOLOGIA

"Nativa del noreste de Sur América, se extiende hasta Panamá, al menos en forma cultivada. La forma típica de la *Guadua angustifolia* es especialmente común en terrenos irrigados y regiones fértiles con alturas inferiores a los 5.000 pies (1.520 mts.) particularmente en Colombia y en el Ecuador. Parodi (1936 : 235), reporta la espontánea aparición de estas especies en Venezuela, Brasil, Paraguay y hasta en el norte de la Argentina.

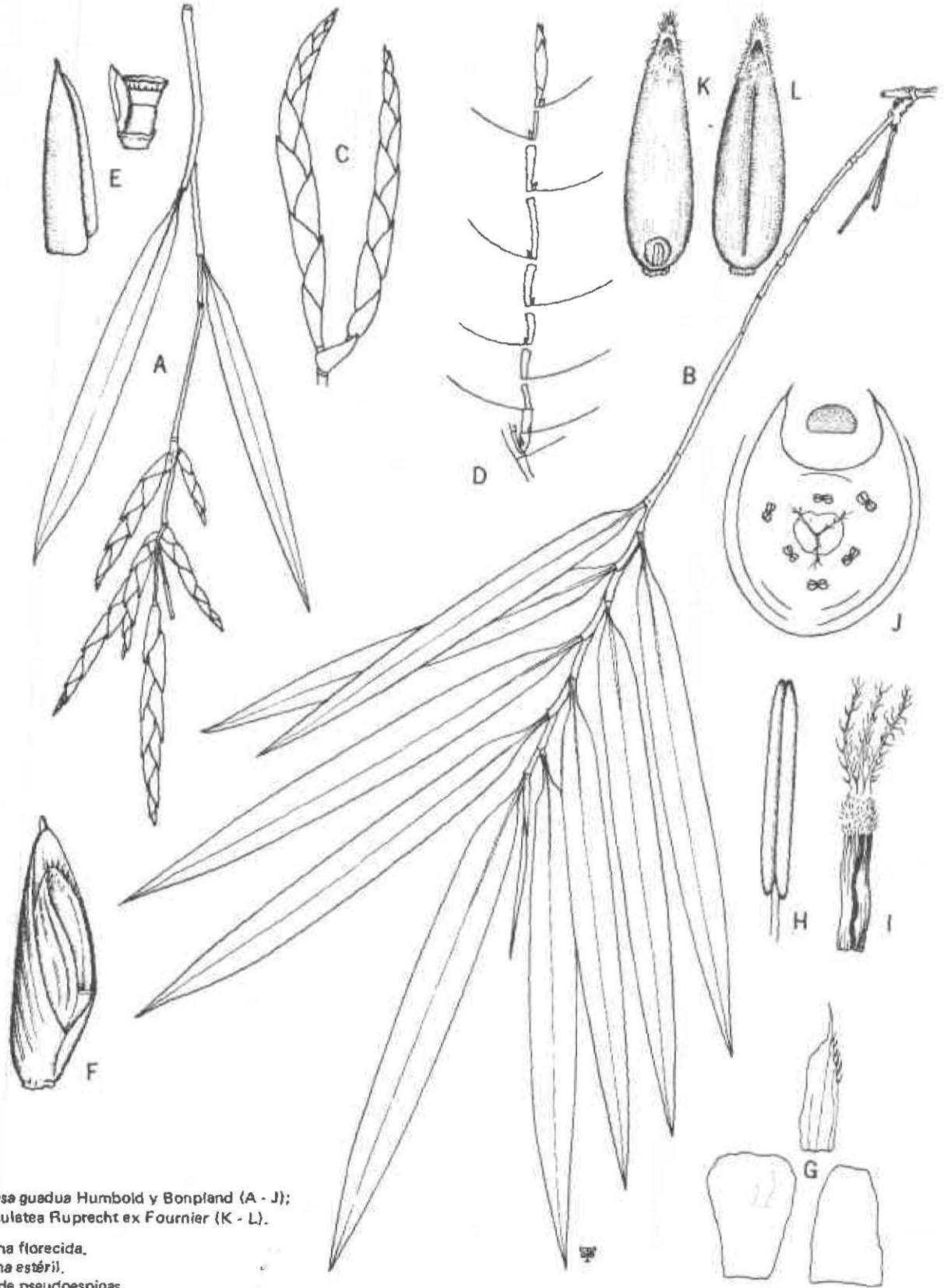
Por intermedio del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, se trató de cultivar la típica forma de *Guadua angustifolia* en la Florida, pero las plantas sufrieron lesión por las heladas a temperaturas por debajo de los 27º y 26º F y se partían por su base a temperaturas de 2 ó 3 grados menores, mientras que a los 17º morían completamente. (Young 1946 b - 360).

El habitat natural de la *Guadua angustifolia* corresponde a tierras superiores. Humbold y Bonpland, hacen mención de los grandes bosques de puro o casi puro bambú, que tienen varias leguas de extensión en el Quindío, (hoy Departamento del Quindío), que en pocas décadas han sido severamente reducidos para establecer granjas ganaderas.

El rizoma parece ser muy persistente, de acuerdo con los informes obtenidos personalmente de los campesinos; es necesario hacer repetidos cortes y quemas, por lo menos durante tres años sucesivos para terminar con la planta".

2.7.5 FLORESCENCIA Y FRUTO

"Aunque la gran mayoría de las plantas de la *Guadua angustifolia* parece que florecen rara vez (si es que florecen), un clon con esta tendencia se



Bambusa guadua Humbold y Bonpland (A - J);
y B. aculatea Ruprecht ex Fournier (K - L).

A. Rama florecida.
B. *Rama estéril*.
C. Par de pseudoespigas.
D. Diagrama de *la sección* longitudinal de un pseudoespiga.
E. Bráctea y yema.
F. Flósculo.
G. Complemento de la lodícula.
H. Estambres.
J. Diagrama de la sección transversal del flósculo.
K. Fruto, lado del embrión.
L. Fruto, lado del ombligo.

Dibujo A. Basado en Cobin 1167 (US), B - J en McClure 21228 (US) y K, L en McClure 21556 - A (US).

descubrió recientemente. Había sido obtenido en Milagro, Ecuador, en 1924, por Johannson y cultivado en Summit, zona del Canal. Sin embargo, cuando se introdujo no se sospechó que existiera diferencia alguna con la vasta población de plantas que componen la *Guadua angustifolia*, que se extiende desde las partes bajas hasta alturas de 5.000 pies en Ecuador y Colombia. Posteriormente Walter R. Lindsay observó en Summit que esta planta florecía frecuentemente en años sucesivos.

Plantas obtenidas de la variedad milagro se cultivaron bajo mi dirección en Chocola, Guatemala y en Tingo María, Perú, y han demostrado la misma disposición de florecer anualmente. Kennard (1955 - 193) informa que la *Guadua angustifolia*, floreció y dió unos pocos frutos en tallos de uno y dos años de plantas vegetativamente propagadas en terrenos del Federal Experiment Station en Mayagüez, Puerto Rico en 1944 y 1945. Este informe evidentemente se refiere a la variedad Milagro que es la única existente de estas especies, que se cultiva en Mayagüez. En abril de 1948 ví flores en la planta originalmente llevada allí y en plantas de un año, propagadas vegetativamente de la anterior

2.7.6 PROPAGACION

"Cuando se inician nuevas plantaciones de *Guadua angustifolia* en el área de su natural desarrollo, se emplean por tradición secciones del tallo. En pruebas hechas con tallos completos (con edades de uno, 2, 3 años y más) en colaboración con el Dr. Alberto Machado, en diciembre de 1949, en Chinchiná, Colombia, se encontró que sólo tallos con tres años o más dieron buenos resultados en la formación de raíces (Ver Triana 1950). En ensayos similares realizados en el Federal Experiment Station en Puerto Rico dieron un promedio de 9.1 plantas con raíces, de tallos de 2 años y 10 pies de longitud y 6.6 plantas con raíces, de tallos de 3 años y 10 pies de longitud.

En la forma variante de "caña mansa", descrita anteriormente, las ramas primarias en los nudos de la parte media del tallo, y hasta cierto punto las ramas secundarias, tienen raíces primordia en su base, que tiene forma parecida a un rizoma.

En ensayos hechos en Guatemala en 1950, encontré que este bambú puede propagarse fácilmente por medio de secciones consistentes de sólo ramas primarias o con todo el complemento de las ramas de los nudos de la porción media del tallo".

2.7.8 ESTUDIOS QUE SE SUGIEREN

"Ejemplares de las variantes disponibles de *Guadua angustifolia*, deben incluirse en cualquier estudio de silvicultura que se realice en regiones tropicales para descubrir plantas de mayor capacidad de almacenamiento de energía solar como una forma de valor especial para la economía humana. Por observaciones personales hechas en su habitat nativo me parece, que la *Guadua angustifolia* puede comprender formas sobresalientes entre los bambúes, por su tolerancia a suelos de drenaje pobre y por la durabilidad natural de sus tallos.

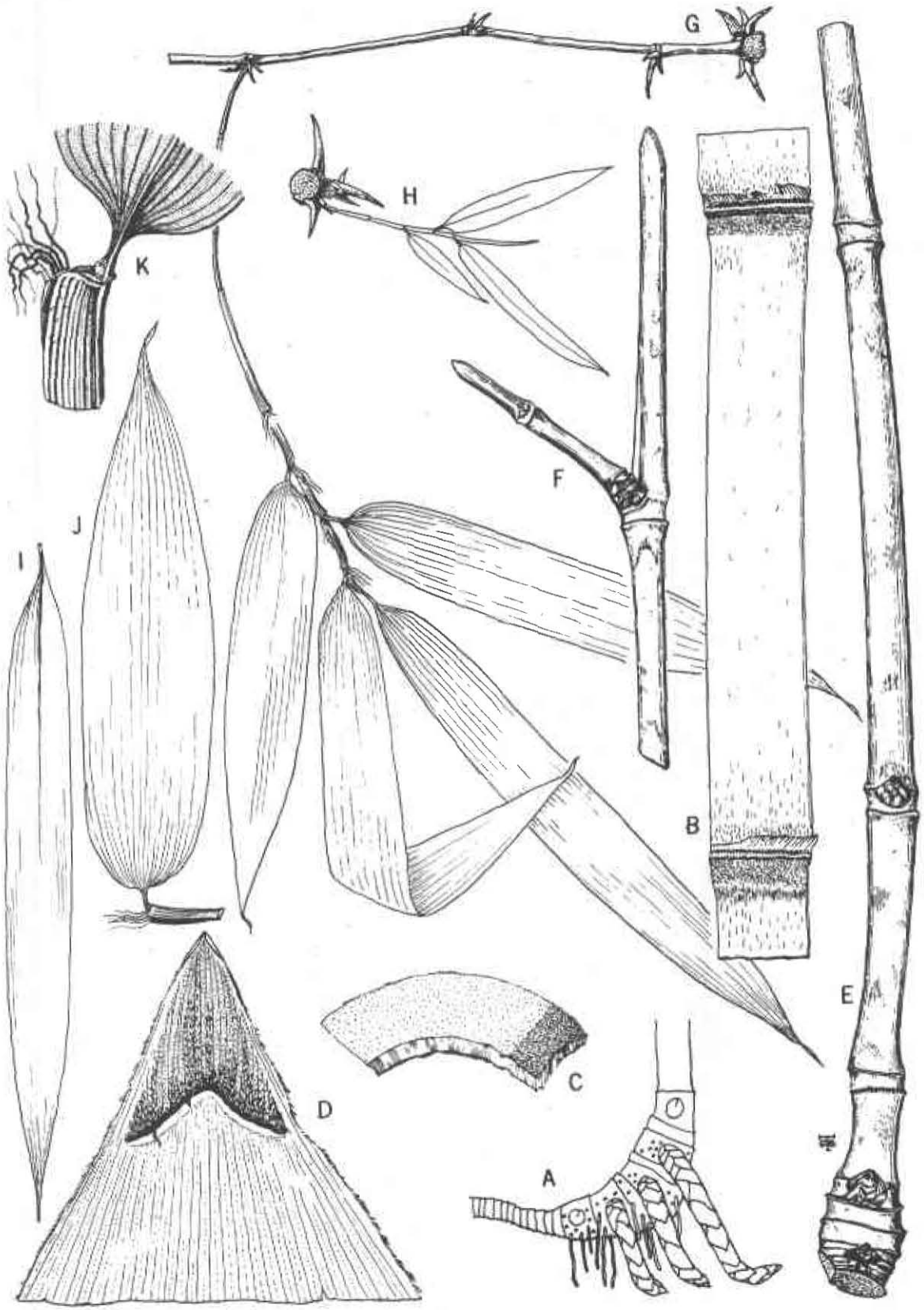
Estudios comparativos de la química y fisiología de plantas estériles de la forma típica de las especies, con plantas que florecen, de la variedad que anualmente florece, pueden dar una información de valor en relación al problema de inducir el florecimiento de la *Guadua angustifolia* y quizás en otros bambúes por medios artificiales.

Estudios comparativos de calidades de pulpa de bambúes que crecen en el Hemisferio Occidental podrían incluír los tipos disponibles de *Guadua angustifolia*".

Bambusa guadua Humbold y Bonpland sensu lato.

A. Base del tallo con su rizoma y soportes que se desarrollan para para sostener el tallo que puede alcanzar hasta 37 metros de altura y diámetro de 20 cms., Ca. 0.06.
B. Corte tangencial del internudo y nudos V y VI del tallo. Ca 3.5 cms. de diámetro X 0.6.
C. Sector de la sección transversal de la pared del tallo en el internudo IV X0.6.
D. Apice de la cubierta del tallo, vista por el lado interno X0.6.
E. Parte basal de las ramas de primer orden de un nudo intermedio del tallo, que muestra yemas aún intactas.
F. Ramas de segundo orden con yemas aún intactas.
G. Ramas de tercer orden mostrando espinas y follaje.
H. Complemento de la espina con una rama que sale del nudo más próximo a la espina.
I y J. Ejemplos de las formas de hojas.
K. Apice de la cubierta de la hoja y base de la misma.

Dibujos A,B basados en McClure 21232 (US) y C - K en McClure 21215 (US).


G
H
K
F
J
I
B
E
C
D
A

3
SILVICULTURA

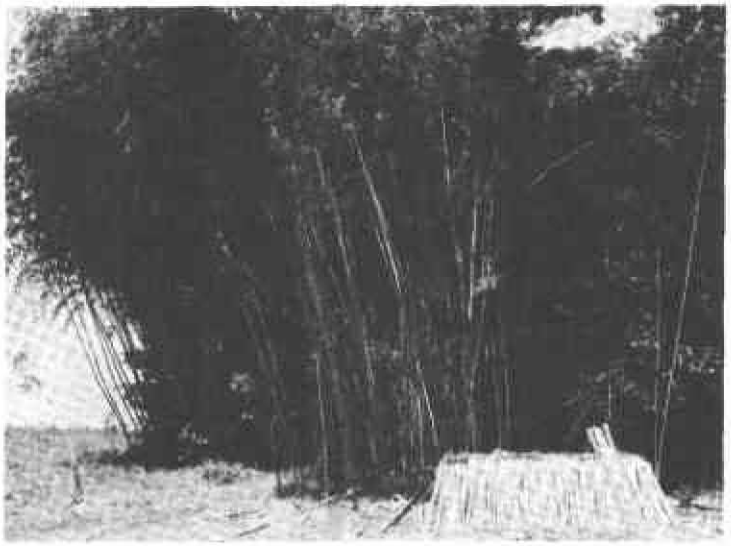
INTRODUCCION

En general puede decirse que la práctica de la silvicultura del bambú es relativamente simple. Se basa en los principios descritos anteriormente en la sección de Cultivo, aplicados tanto al corte sistemático de tallos de diferentes o de determinadas edades, como a la regeneración de los nuevos tallos que se producen anualmente de los rizomas, teniendo en cuenta para ello la especie, y el tipo de aplicación industrial que se le vaya a dar al bambú.

La práctica de la silvicultura en el bambú es relativamente nueva. Tuvo su origen en los diversos estudios experimentales relacionados con el desarrollo de la planta, que se realizaron en la India en la segunda década del presente siglo, cuando se llegó a la conclusión de que el bambú podía ser utilizado con excelentes resultados como materia prima para la fabricación de pulpa para papel.

En la actualidad la silvicultura del bambu tiene mayor aplicación en la India, que es el país que dispone de mayor número de plantaciones, las que se emplean en su mayor parte en la fabricación de pulpa para papel. En el Japón, Taiwan y China existen pequeñas y grandes plantaciones de bambú que se emplean en la elaboración de productos artesanales, como alimento, y también en la fabricación de papel.

En Colombia y en general en los países latinoamericanos existe un desconocimiento completo sobre la silvicultura del bambú, debido a lo cual las plantaciones naturales han sido explotadas hasta hoy en forma antitécnica sin control alguno, por lo cual nuestras especies nativas tienden a extinguirse. Con el fin de evitar que esto llegara a suceder se dan a continuación una serie de normas para el corte apropiado del bambú, basadas en estudios experimentales realizados en la India con especies similares a la nuestra. Por otra parte se indican diversos estudios sobre el rendimiento de plantaciones de bambú, que pueden servir de base para estudios que se realicen en un futuro con nuestras especies.



En la elaboración de latas y esterillas de bambú, que se utilizan, en el cultivo del tomate y en construcción, se emplean comúnmente bambúes no sazonados, cortados de la periferia del guadual, lo que no sólo afecta el desarrollo de la mata sino también el material en sí, que rápidamente es atacado por los insectos.

3.1 EDAD DE CORTE

Es muy importante determinar la edad de corte, no sólo teniendo en cuenta su utilización, sino también su producción. Según Ueda (6), si se cortan tallos demasiado jóvenes la nueva brotación será mayor, pero los tallos serán pequeños; por otra parte, si se cortan tallos demasiado viejos, los nuevos tallos serán largos pero en reducido número. Debido a esta razón la edad de corte apropiada en el Japón para la *Ph. reticulata* es de 4 años y de 5 para la *Ph. edulis* que producen tallos de dimensiones grandes, y alrededor de 3 años para la *Ph. nigra* que produce tallos pequeños. Sin embargo, cuando se desarrollan muchos tallos debido a la aplicación de fertilizantes, la edad de corte puede retrasarse un año. En zonas frías, el número de tallos es muy restringido y la edad de corte debe ser un poco mayor. Los tallos que crecen a las orillas de los ríos son de tejido más bien blando, y la edad de corte debe determinarse de acuerdo a la utilización que se le vaya a dar, en construcción o artesanía.

La edad que se considera más apropiada para cortar los tallos es entre los 2 y los 6 años, dependiendo de la especie y su aplicación final. Generalmente las especies más grandes requieren mayor tiempo para alcanzar la edad de corte.

3.2 EFECTOS DE LAS FASES DE LA LUNA EN EL CORTE DE LOS TALLOS DE BAMBU.

Desde tiempos inmemoriales existe la creencia de que las fases de la luna tienen influencia sobre diversos aspectos biológicos del hombre, los animales y las plantas, y por ello es por lo que se considera que las maderas y el bambú deben ser cortados en determinadas fases para evitar que sean infestados por los insectos.

Plinio, en su Historia Natural (XVIII, xxxii), dice: "*stercus nisi decrescente luna, ne tangito*", a lo cual agrega Adriano Jun. c.20.6. "*Hoc nimirum est, quod Germanicus Caesar suis commentariis scribit in Aratum, augmenta detrimentaque lunae non solum terram sentire, sed et lapides, et cerebra, et laetamina quae lunae crementis ejecta vermiculos pariunt: denique lunae crementis abscissa ligna furfuraceis tinearum terebramentis fistulascere*". Que traducido literalmente dice: "No toque el estiércol a no ser durante la luna menguante", a lo cual agrega Adriano: "Es admirable lo que el Emperador César Germánico escribió en sus comentarios sobre el Arado, que las crecientes y menguantes de la luna no sólo las siente la tierra, sino también las piedras, los cerebros y los estiércoles utilizados para abono, que al esparcirlos durante las crecientes de la luna producen gusanos y después las maderas cortadas en las crecientes de la luna se ahuecan por las polillas que las convierten en aserrín pulverizado".

Deogun (8) cuenta que en algunos lugares de la India tales como Bihar y Orisa, sus gentes tienen la creencia, de que si el bambú es cortado cuando la luna está en creciente, es menos suceptible al ataque de los insectos que cuando se corta en menguante. En los experimentos realizados en Malabar del Sur y en Coimbatore del Norte, en este sentido, no indicaron diferencia alguna en el ataque de los insectos a los tallos cortados, en creciente o en menguante. Sin embargo, los experimentos realizados en Nilgiris, demostraron lo contrario, o sea que los bambúes cortados en menguante, 2 ó 3

días después de la luna nueva eran menos propensos al ataque de los insectos que los cortados en creciente, lo que está de acuerdo con la creencia que existe en América, particularmente en Colombia.

Mills (15) dice que los Ao Nagas de la India cortan el bambú y el material para empajar los techos de su vivienda, cuando no hay luna o inmediatamente después de luna llena para evitar que sean infestados por insectos.

En las diversas investigaciones realizadas en el Forest Research Institute, Dehra Dun, India, con el fin de obtener alguna relación entre las fases de la luna con el ataque de los insectos a los tallos de bambú, no se encontraron resultados positivos. (C.F. Beason Ind. For. 1933 p : 710) (8).

Por otra parte Plank (16) realizó varios experimentos sobre este asunto, en la Federal Experiment Station de Puerto Rico, utilizando la Bambusa vulgaris y no encontró suficiente evidencia para justificar la creencia de que una fase de la luna sea más propicia que otra para cortar el bambú y evitar que sea atacado por los insectos.

3.3. MANEJO DE UN BOSQUE O PLANTACION DE BAMBU.

Posiblemente el estudio más completo que se ha hecho hasta hoy, sobre el manejo de un bosque de bambú es el realizado por Deogun (8) en la India con el *Dendrocalamus strictus*. Dada la circunstancia de que esta especie es del tipo Paquimorfo (simpodial, cespitoso), como lo son la mayoría de las especies nativas de latinoamérica, v.g., la guadua, el autor considera de suma importancia indicar a continuación un resumen de las partes más importantes de este estudio, que pueden ser utilizadas en latinoamérica tanto en cultivos industriales del bambú, o como base para futuras investigaciones de nuestras especies nativas.

Para obtener el máximo rendimiento posible en calidad y en cantidad de tallos en un cultivo o bosque de bambú, Deogun (8) sugiere establecer:

1. Ciclo de corte.
2. Regulación del número de tallos que deben ser cortados.
3. Método para hacer el corte.

3.3.1 CICLO DE CORTE

El ciclo de corte está limitado por dos aspectos: el grado de sazonamiento del tallo, o sea cuando está listo para ser cortado, y la máxima madurez o sea el período después del cual el tallo comienza a deteriorarse hasta morir.

La edad de madurez en el caso del Dendrocalamus strictus, es de un año en la mayoría de las provincias de la India, excepto en Punjab en donde los tallos a los dos años se consideran maduros. La edad de máxima madurez es de 5 a 6 años. En esta forma se obtiene que el ciclo de corte para este bambú en la India es entre 1 y 5 años. Un ciclo menor de un año significa el corte de bambúes inmaduros, y uno mayor de 5 años la muerte de algunos tallos antes del siguiente corte.

Para determinar el ciclo de corte es necesario tener en cuenta: la extensión del área que se va a explotar, la demanda del material y la disponibilidad de trabajadores y de supervisores. Si el área es pequeña y pueden atenderse matas individuales, un ciclo de un año es aceptable. En bosques que se extienden cientos de hectáreas, las condiciones son diferentes y es necesario establecer un ciclo de corte más largo. Si no hay un personal adecuado, para la supervisión de grandes extensiones, las áreas de corte deben reducirse.

En la India las empresas encargadas de la explotación de las plantaciones de bambú pueden ser:

1. El estado. En este caso, puede adoptarse un ciclo de tala entre 1 y 5 años.
2. Contratistas. Como lo más probable es que el contratista busca su mayor ganancia inmediata, no le importará cómo quede el bosque al siguiente año, y así sólo explotará lo que le represente mayores utilidades. En estos casos debe considerarse un ciclo entre 4 y 5 años, para evitar la severidad del corte y los daños subsecuentes.
3. Empresas arrendatarias. La explotación de áreas dadas en arrendamiento a largo plazo es muy buena, ya que el arrendatario seguramente utilizará los mejores sistemas para obtener el mayor beneficio posible. Además, ello representa muchos beneficios indirectos para las obras adicionales que deberán realizarse, como son carreteras, caminos, etc.
4. Empresas con permiso de explotación. Estas han demostrado en la India ser las más ineficaces, ya que sólo explotan las áreas más accesibles, tomando los mejores tallos que puedan encontrar. Para estos casos se recomienda un ciclo de corte de 4 a 5 años que permita la recuperación de las matas afectadas.

3.3.2 REGULACION DEL NUMERO DE TALLOS QUE DEBEN SER CORTADOS

Los nuevos tallos se producen generalmente de rizomas jóvenes que a su vez se han derivado de los rizomas que originaron los tallos del año anterior; por lo tanto se pueden cortar los tallos más viejos o sea los mayores de 4 años que se encuentran en la periferia de los nuevos, sin que ello afecte la actividad vegetativa de la mata o el número y tamaño de los nuevos tallos. De otra parte, es probable que la producción de nuevos tallos esté en relación con la cantidad de follaje que tengan los tallos del año anterior, por lo cual debe buscarse la forma de que éstos tengan más espacio, lo que se logra cortando, además de los tallos viejos o debilitados, los tallos enfermizos y los que formen congestión. Los tallos jóvenes y saludables, que son muy importantes para el desarrollo de la mata, en ningún caso deben cortarse. Es muy conveniente seguir el principio de no cortar demasiados tallos, lo que puede causar un atraso en el crecimiento de la mata, ni muy pocos, pues muchos de ellos morirán antes del siguiente corte. Un sistema apropiado es el de cortar los tallos que estén próximos a alcanzar su completa madurez, cuyos rizomas han llegado a la edad en que no producen más tallos. A continuación se describen los diversos sistemas de corte anotados por Deogun (8) para la explotación industrial de una plantación de bambú.

3.3.2.1 Corte Total.

El corte total es el método más sencillo de todos y no requiere supervisión, pero no ha tenido éxito. Experimentos realizados en Lansdowne en 1913, 1925, 1926 y 1927, condenan este método. Por otra parte existen opiniones muy valiosas de Kurz, Parish, y otros observadores quienes dicen que el corte total continuado de los tallos hace que la mata sufra deterioros, la cual posteriormente producirá tallos muy pequeños, muriendo después.

Deogun (8) dice que no es inevitable que la mata pueda morir después de un corte total; pues depende también de otros factores como son: tiempo de corte, altura de corte y vigor del rizoma. Si el rizoma es saludable y vigoroso y los cortes son hechos al principio o poco después de la iniciación de las lluvias, y a unos 30 cms. por encima del suelo, saldrán nuevos tallos, aunque más débiles que los de la planta madre, en la mayoría de los casos. Si el corte es hecho antes de las lluvias y a ras del suelo, las brotaciones son pocas y en cierto grado existe un paralelismo con la iniciación de un nuevo cultivo partiendo de fracciones vegetativas. La repetición del corte total después de un año o dos, sí mata la planta en la mayoría de las veces.

3.3.2.2 Corte de todos los Bambúes Maduros.

Este método es el más indicado y el mejor en áreas donde no hay mano de obra adiestrada. Los tallos jóvenes generalmente no son utilizados por el contratista quien normalmente los deja. Sin embargo este sistema de explotación a pesar de ser muy simple tiene algunas desventajas como son:

1. Después del corte, la vitalidad de la mata se reduce tanto que prácticamente comienza de nuevo a vivir. Esto es indicado por la producción de tallos débiles en lugar de los de tamaño normal. La razón es que el principal suministro de alimento del rizoma viene de las hojas y el nuevo tallo no forma su follaje total hasta el segundo año. Si los tallos más viejos son cortados la mata prácticamente depende de las reservas del rizoma hasta que se forme el follaje de los nuevos tallos. Hay un atraso definido y la mata tiene que volver a producir gradualmente tallos más gruesos, hasta llegar a la dimensión normal.
2. Si el corte se hace en la época en que aún no hay una nueva producción de tallos, ésto viene a ser equivalente al corte total.
3. Si se reduce la vitalidad de la mata, los pocos tallos de menos vigor están más propensos al ataque de los insectos.
4. Los nuevos tallos, que no tienen otros de soporte, generalmente se caen y se quiebran, y para el siguiente corte están inservibles. Este tipo de corte no debe adoptarse en ciclos más cortos. Las matas deben tener tiempo para recuperarse y producir suficientes tallos para el siguiente corte. El ciclo más largo y permisible se requiere con este sistema.

3.3.2.3 Corte de la Mitad de la Mata, excepto de tallos jóvenes.

El corte de la mitad de la mata excepto para los tallos jóvenes se ha ensayado con resultados desalentadores y por ello el método no es recomendable. La mitad de la mata cortada recibe poca o ninguna ayuda de la otra mitad y tiene que recobrarse independientemente.

3.3.2.4 Corte dejando algunos tallos maduros además de los jóvenes.

Se ha demostrado anteriormente que un corte apropiado demanda la retención de algunos tallos maduros con los jóvenes. La cuestión es saber cuántos tallos maduros deben dejarse por mata. Las posibles variaciones son:

a. Cortando o reteniendo una proporción fija de tallos maduros.
b. Reteniendo un número de tallos maduros.
c. Reteniendo un número de tallos maduros, múltiplo del número de tallos jóvenes.

a. Cortando o reteniendo una proporción fija de tallos maduros.

En varios de los experimentos realizados el procedimiento empleado ha consistido en cortar la mitad o un tercio de los tallos maduros, dejando el resto. La dificultad de este sistema es el chequeo después del corte, pues las cepas que se dejan después de la tala no son una base práctica para chequeo.

b. Dejando un número fijo de tallos maduros.

La objeción para retener un número fijo de tallos maduros por mata, es que el número puede ser muy alto para ciertas matas y muy bajo para otras. Bajo este tratamiento las matas más grandes pueden volverse pequeñas pero las pequeñas no se agrandan.

c. Reteniendo un número de tallos maduros, múltiplo del número de tallos jóvenes.

Este método es práctico y puede ser chequeado cuando se desee. Es necesario que los múltiplos sean tan simples como sea posible y que el mínimo por tallo sea fijo, en tal forma que en los años en que haya una producción muy pobre o ninguna, no sea necesario tener un corte total de las matas. Si a los cortadores se les dice que dejen tantos tallos maduros cuantos tallos jóvenes hayan en la mata, por ejemplo, dos o tres veces el número de tallos jóvenes, ellos posiblemente no lo entenderán; pero si se les dice que deben dejar cerca de cada tallo joven, uno, dos, o tres tallos maduros, es mucho más fácil.

3.3.3 METODO PARA HACER EL CORTE

El método para hacer el corte es tan importante como el ciclo de corte o el tratamiento que se de para el buen desarrollo de las matas. Si no se tiene cuidado en el corte puede ocurrir la destrucción o por lo menos la reducción en el rendimiento siguiente de las matas. Se sugieren los siguientes métodos para el corte, resultantes de los experimentos realizados por Deogun (8).

1. Los tallos deben cortarse empleando el principio de la entresaca en tal forma que los que se dejen queden distribuidos de tal manera que los nuevos tallos tengan suficiente soporte y no se inclinen o caigan. En esta forma se deja espacio en la mata y se puede trabajar.
2. Tallos inmaduros deben cortarse solamente si han sido atacados por insectos.
3. Los tallos más viejos y los deteriorados que no pueden durar hasta el otro ciclo de corte, deben removerse antes de cortar los sazonados y sanos. Los tallos que se dejen deben ser los más jóvenes y saludables. Esto proporcionará a los tallos jóvenes un soporte mejor, tanto en la superficie como bajo tierra y se obtendrá una mejor producción.
4. Los cortes en la periferia de la mata deben abolirse como sea posible porque detienen el crecimiento hacia la parte externa de la mata.
5. Los tallos deben cortarse a una altura de 15 a 30 centímetros del nivel del suelo en la zona localizada inmediatamente encima de un nudo, en tal forma que el agua no se deposite sobre el nudo y pudra el rizoma.
   El corte debe ser lo más limpio posible, utilizando machetes afilados y nunca hachas.
6. Cortes de mayor altura no sólo representan una pérdida innecesaria de tallos sino que dificultan el trabajo futuro; además, contribuyen a la congestión. Cuando se cortan alto los tallos jóvenes, hay brotación de las yemas bajeras, que al entrelazar sus ramas dificultan la entrada a la plantación. Los cortes altos se deben a falta de control sobre el obrero, que busca la línea de menor resistencia, sin importar los daños futuros que se derivan.
7. Deben evitarse los cortes de la porción superior del tallo que generalmente son practicados en la India por los aldeanos y elefantes que los utilizan como alimento. Como consecuencia de ello, los tallos mueren a edad temprana y las matas se deterioran debido a la remoción de las hojas que suministran alimento al rizoma.
8. Deben prohibirse las excavaciones de tallos con raíces, para obras artesanales.
9. Tallos y matas florecidas deben cortarse después de la caída de la semilla y no antes.
10. Debe tenerse el cuidado, al realizar el corte, de eliminar tallos mal formados, muertos, enfermos, inservibles, etc.

3.4 EL PROBLEMA DE LAS MATAS CONGESTIONADAS O SUPERPOBLADAS.

La congestión en las matas de bambú trae como consecuencia el entrelazamiento de tallos y de ramas; esto se ve con frecuencia en las áreas mal tratadas, donde los animales han estado comiendo o en zonas con muchos tallos caídos y secos. El crecimiento de nuevos tallos en áreas con matas congestionadas es pobre y de mala calidad; esto se debe a que no hay suficiente campo para su desarrollo y que al crecer encuentran obstáculos que los malforman. De otra parte se dificulta el laboreo de la plantación y se hace costoso e imposible. Además, un considerable número de tallos deben cortarse en varias partes para sacarlos y conseguir acceso al centro de la mata.

3.4.1 CAUSAS DE LA CONGESTION O SUPERPOBLACION.

Cualquier factor que impida el crecimiento externo o periférico de los rizomas induce al crecimiento de cuerpo de la mata causando el doblamiento o el entrelazamiento, y promoviendo la producción de ramas en la cepa o en los restos de tallo que se dejan en los cortes mal hechos. Las causas de la congestión pueden ser:

1. Maltrato humano. Esta es la principal causa de congestión en el bambú, como puede notarse en lugares próximos a las aldeas en la India. La tendencia natural de los nuevos tallos y rizomas es crecer hacia la parte externa de la mata, lejos de su centro, en tanto que la del cortador, es talar los tallos de la periferia. Algunas veces los cogollos se cortan para preparar alimento, para elaborar canastas o tiras, otras veces, los tallos se sacan con sus rizomas para hacer bastones y frecuentemente son descopados para alimentar animales.
   Todo ésto afecta principalmente los tallos periféricos causando la muerte de los rizomas que forman un anillo alrededor de la mata, y evitan el desarrollo de los rizomas hacia afuera. Esto hace que la mata se desarrolle sólo hacia adentro produciendo nuevos tallos que después de un tiempo no tienen espacio para desarrollarse y en su esfuerzo para penetrar la densa masa de los tallos viejos, se retuercen y entrelazan enmarañándose.
2. Alimento animal. Si se deja pastar a los animales cuando los tallos jóvenes están brotando, se produce la destrucción de los cogollos tiernos principalmente de la periferia. Por otra parte los suelos se van endureciendo con el pisoteo lo cual afecta el desarrollo de los tallos.
3. Insectos. Plagas como la Estigmina chinensis (Chrysomalidae, Coleóptera) hacen que los tallos se doblen y entrelacen entre sí. Prácticamente en todos los tallos que se encontraron doblados en el Forest Research Institute Experimental Garden, observó que tenían un hueco de salida en el lugar del doblés. En tales casos el corte del tejido hecho por el insecto, retarda el crecimiento de este lado del tallo, mientras el opuesto continúa creciendo, causando así el doblamiento del tallo.
   Otro insecto, el Cyrtotrachylus (Curculionidae Coleóptera) ataca y mata la yema en desarrollo y la parte inferior del tallo; generalmente esto produce un número de ramas que se entrelazan con el tallo.
4. Factores climáticos. En áreas expuestas a vientos fuertes, los tallos individuales producen mayor número de ramas laterales y se congestionan.
5. Herencia. Es posible que la tendencia a formar tallos congestionados pueda ser un defecto hereditario como sucede con la fibra en espiral del Pinus longifolia. A pesar de que no hay pruebas de ello, existen evidencias en su favor. Algunos experimentos al respecto se están realizando en Forest Research Institute en Dehra Dun.

3.4.2 TRATAMIENTO

Antes de aplicar cualquier tratamiento deben removerse las causas físicas de congestión. La base del tratamiento podría ser un cambio de las condiciones que prevalecen en el área en donde se desarrolla la mata y éste puede realizarse cortando ciertas porciones de rizomas viejos e improductivos localizados en la parte central de la mata, o cuando ésta crece en terrenos inclinados en la parte inferior de la colina donde no hay posibilidades de que se desarrolle o extienda la planta, teniendo el cuidado de dejar más tallos en el lado de mayor crecimiento. En el caso de que las matas estén en terrenos fáciles y los rizomas no estén levantados en el centro de ella y se presenten nuevos crecimientos alrededor, entonces debe crearse un claro o vacío cortando la porción central, dejando solamente los tallos de la periferia. Cuando se observe que el crecimiento es progresivo en alguna dirección en particular, debe ayudarse dejando más tallos maduros de ese lado.

3.4.3 LIMPIEZA

La limpieza en una mata consiste en la remoción de los tallos inservibles que interfieren tanto el crecimiento de nuevos tallos como la facilidad de realizar los trabajos. La limpieza no sólo hace trabajable las áreas congestionadas sino que estimula la producción de tallos, en calidad y en cantidad, además disminuye las posibilidades de fuego y de ataques de insectos.

3.5 VOLUMEN Y RENDIMIENTO DE UNA PLANTACION DE BAMBU.

En una plantación natural o artificial de bambú, se entiende por volumen y densidad, el número de tallos existentes por hectárea, o en cualquier otra medida de superficie.

Por rendimiento se entiende el número de tallos, o el peso correspondiente, que se obtengan en los ciclos de corte establecidos. Estos ciclos según la especie y las condiciones del lugar en donde se desarrolle, pueden variar entre 1 y 5 años o más.

Son muy pocos los informes que se han publicado hasta el presente sobre el rendimiento de plantaciones de bambú ya que por lo general éstas pertenecen a fábricas de papel que consideran dichos informes como secreto industrial.

En latinoamérica el único país en donde se han establecido plantaciones de bambú para la fabricación de papel es Brasil; desafortunadamente, no existen datos muy concretos sobre los rendimientos obtenidos en sus plantaciones. En Colombia aún no se han hecho estudios sobre rendimientos, debido a que la explotación de las plantaciones naturales por lo general se hace en forma destructiva, ya sea empleando malos sistemas de corte o arrasando la plantación completa, con el fin de destinar las tierras a otros cultivos; como consecuencia lógica, nuestra especie "la guadua", tiende a ser exterminada. En ambos casos el bambú es empleado en construcción o para ser quemado en hornos de industrias paneleras; no existiendo interés alguno en intensificar su cultivo.

En cuanto al volumen o densidad de plantaciones naturales de la "guadua" *(Bambusa guadua)* el promedio de tallos por hectárea es de 7.200 aproximadamente, según datos obtenidos por el autor en el departamento del Quindío, Colombia, una de las zonas más fértiles del país, localizada aproximadamente a 1.250 metros sobre el nivel del mar. Vale la pena anotar que los diámetros de los tallos que allí se desarrollan varían entre 10 y 18 centímetros con espesores de pared hasta de 2,5 centímetros y altura hasta de 30 metros.

India es el país del Asia que tiene mayor número de plantaciones de bambú. Huberman (9) indica los siguientes datos obtenidos en Chittagon Hills Tracks, en Bengala Oriental.

1. El rendimiento en cultivos con ciclos de corte o de rotación de 3 años es de 1.200 a 3.600 tallos por acre (3.000 a 9.000 tallos por hectárea). En otros cultivos es de 6.000 tallos por acre (15.000 tallos por hectárea).

2. En estudios experimentales que se realizaron sobre el peso de la *Melocanna bambusoides* indican que 1.000 tallos verdes enteros, pesaron 4.4 toneladas (4.5 toneladas métricas); y secos 2.5 toneladas (2.6 toneladas métricas). En base a estos cálculos el rendimiento indicado en el item anterior, corresponde en peso seco del material, de 3 a 9 toneladas (3 a 9.5 toneladas métricas) y a 15 toneladas por acre (38 toneladas métricas) por hectárea para ciclos de corte de 3 años.

3. El peso de internudos secos para la producción de papel se calculan en la misma área en 4.6 toneladas (4.7 toneladas métricas) de Bambusa polymorpha y 4.1 toneladas (4.2 toneladas métricas) de Cephalostachyum pergracile o un promedio de 8.7 toneladas por acre (22 toneladas métricas por hectárea) presumiblemente para una rotación o ciclo de corte de 3 años. En Burma, en bosques similares, se calculan 19.5 toneladas (20 toneladas métricas) para estas dos especies.

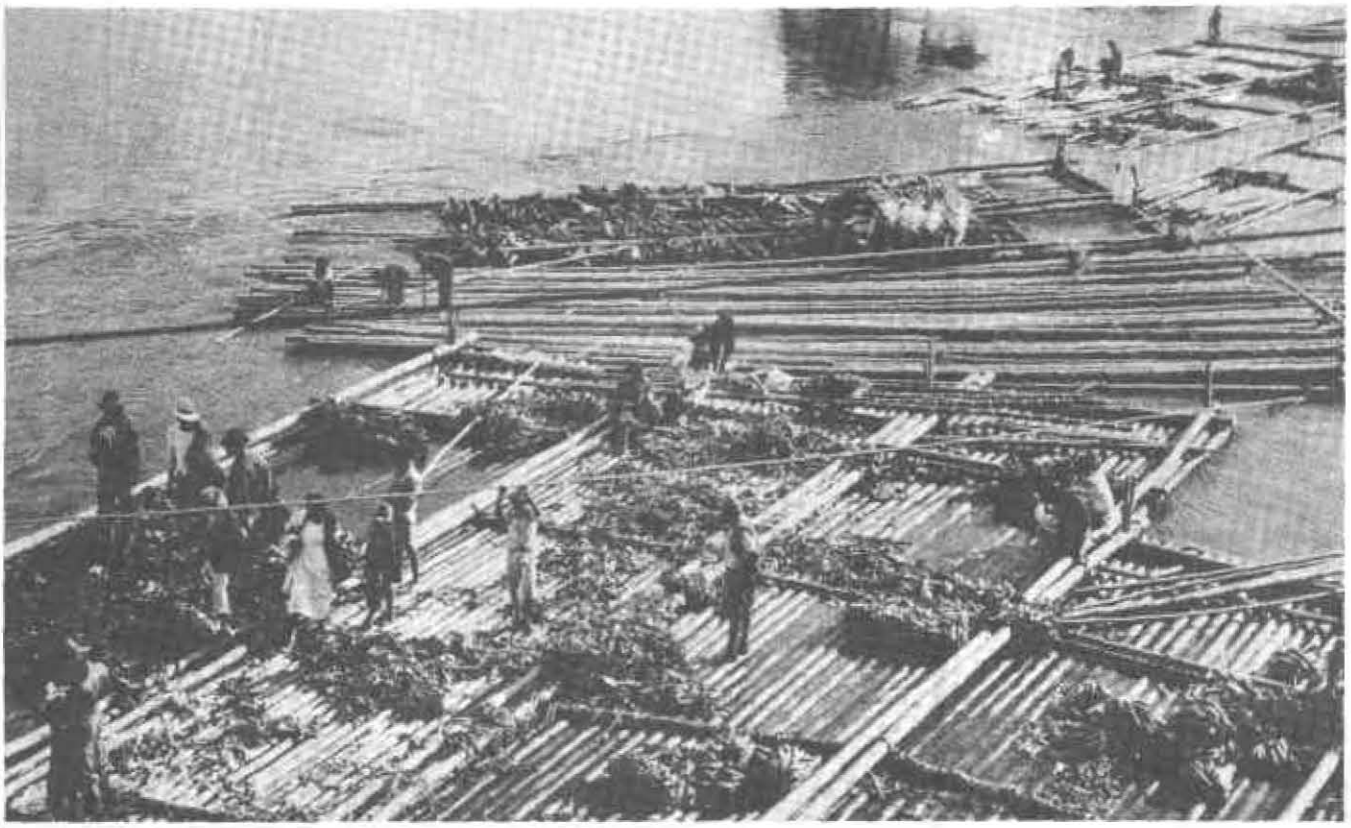
4. La *Melocanna bambusoides* según informes, da un rendimiento de 8.3 toneladas de tallos secos por acre (21 toneladas métricas por hectárea).

5. La *Bambusa arundinacea* da rendimientos muy variables entre 1 y 14.5 toneladas de internudos secos por acre (2.5 a 36 toneladas métricas por hectárea) pero se dice que el promedio en grandes áreas se aproxima al mayor indicado.
   Ueda (6-18) dice que el rendimiento anual por hectárea de bambúes verdes en el Japón es de 6 a 19 toneladas en plantaciones de Phyllostachys edulis y de 5 a 14 en la Ph. reticulata. En caso de que el corte se haga cada dos años el rendimiento se duplica. Anota los siguientes rendimientos obtenidos en varios países del Asia para ciclos de corte de uno a tres años en bambúes secos al aire.

País	Especie	Rendim. anual por ha.	Rendim. al 3er. año por ha.
Tailandia	T. siamensis	2-4 ton.	6-12 ton.
	B. arundinacea	4-7	12-21
India	D. strictus	3-4	9-12
	B. arundinacea	5-6	15-18
Taiwan	B. stenostachya	3-5	9-15

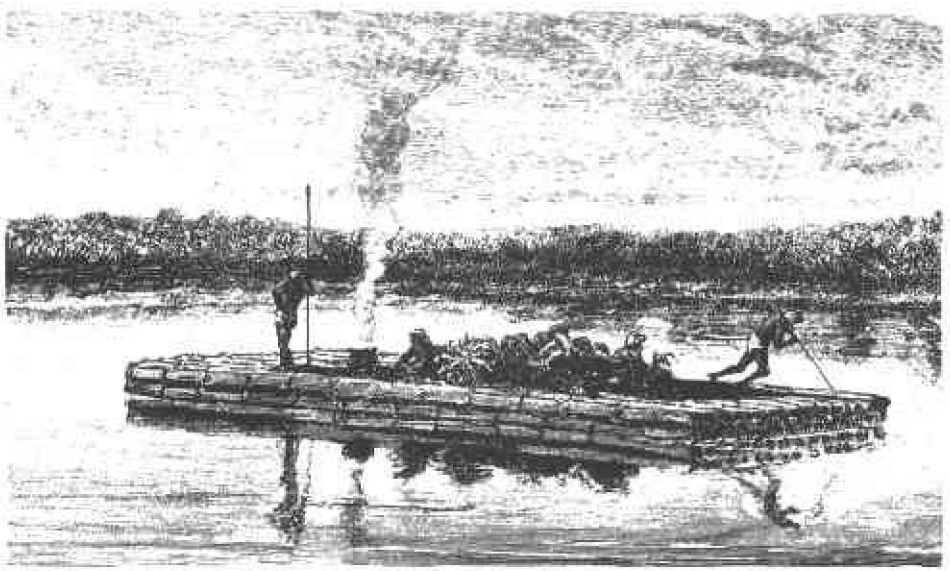
D. G. Sturkie y otros (19) obtuvieron un rendimiento entre 17 y 54 toneladas por acre (42.5 y 135 toneladas métricas por hectárea), en experimentos realizados en Auburn, Alabama, Estados Unidos, con 5 especies del género *Phyllostachys (Ph, aurea, Ph. aureosulcata, Ph. bambusoides, Ph. meyeri, Ph. rubromarginata)*, con edades entre 15 y 20 años. Anotan que la *Ph. rubromarginata* fue la más productiva de las especies ensayadas en Auburn, la cual, a pesar de tener tallos más pequeños desarrolla mayor cantidad por acre.

La guadua se transportaba por el río formando balsas que a la vez se utilizaban para el transporte de personas, animales y productos agrícolas, que eran llevados al mercado de Juanchito, en Cali, donde servían de plataforma flotante como se indica en la fotografía *inferior.* Con el agotamiento de los guaduales esta costumbre se acabó, pero aún se sigue utilizando el término "balsada" en la compra y venta de guadua. *Una balsada comprende 50 guaduas de* 10 metros de longitud, aproximadamente.



SEGUNDA PARTE

1 FABRICACION DE PAPEL
2 CONSTRUCCION
3 ARQUITECTURA
4 INGENIERIA
5 ARTESANIA



1

FABRICACION DE PAPEL

INTRODUCCION

El rápido crecimiento del bambú, la facilidad para cultivarlo y transportarlo, y las grandes reservas que hoy existen en Asia, así como las que aún quedan en América, hacen de esta planta la fuente más prometedora de materia prima para la fabricación de papel, y la solución más apropiada a la crisis mundial de papel que se avecina.

La India es uno de los mayores productores de papel del mundo. Actualmente un 70% de su producción es obtenida del bambú. En los últimos años, su producción de pulpa de bambú ha superado las 200.000 toneladas, las cuales se emplean en su totalidad en la fabricación de diversos tipos de papel, muchos de los cuales se ha comprobado que superan en calidad a los comunmente obtenidos de pulpas de maderas convencionales de fibra larga.

En Latinoamérica, Brasil es el país que cuenta con mayor número de fábricas de papel, 2 de las cuales utilizan el bambú como materia prima.

Dado el potencial industrial que nuestras especies nativas de bambú representan para Colombia, como para otros países latinoamericanos que aún disponen de especies que podrían ser empleadas en la fabricación de papel; se indican a continuación, a manera de información, algunos datos muy generales relacionados con la composición química y la longitud de las fibras, de las especies de América y del Asia consideradas como las más apropiadas para la fabricación de pulpa y papel; y en particular de la Guadua *(Bambusa guadua, Guadua angustifolia), de la cual se indican separadamente los resultados de los análisis y fotomicrografías, tomadas en un microscopio electrónico; trabajos que fueron realizados por técnicos del Forest Products Laboratory, de Madison Wisconsin, basados en una muestra tomada en el Departamento del Valle del Cauca en Colombia y llevada por el autor a Madison en Agosto de 1972.*

1.1 HISTORIA

La invención del papel se atribuye a los chinos, como también el hecho de ser los primeros en emplear el bambú en su fabricación, muchos años después. Según Carter (20), hasta finales de la dinastía Chou (256 A.C.), la escritura se hacía con una pluma de bambú y tinta de hollín o negro de humo sobre tablillas de bambú o de madera. La madera se empleaba para escribir mensajes cortos, y el bambú para mensajes más largos y para formar libros. Las tablillas de bambú tenían aproximadamente 23 centímetros de longitud y el ancho suficiente para una columna de caracteres. Cuando se hacían libros, se perforaban en uno de los extremos y se amarraban con cuerdas de seda o de cuero. El primer libro que se hizo en esta forma fue escrito durante la dinastía Liang, hace más de 2.000 años y se conoce con el nombre de "Chu - shu - chi - nien" o "Los Anales del libro de Bambú", llamado comunmente "Libros de Bambú", no porque la materia tratada fuera sobre esta planta sino por estar escrito en tablillas de bambú. Comprendían alrededor de 100.000 ideogramas que explicaban diversos aspectos de la historia y cronología de los emperadores chinos, desde la dinastía Huang - ti hasta el final de la dinastía Chou. Se dice que era tan voluminoso que en los viajes que emprendía el primer emperador de la dinastía Ch'in, en el siglo tercero A.C., necesitaba varios carros para transportar sólo los libros que iba a utilizar durante el recorrido.

Posteriormente con la invención del pincel de cabello, atribuída al general Mêng T'ien, en el siglo tercero A.C., se continuó escribiendo sólo sobre tablillas de bambú y tela de seda, descartándose la madera. Las cartas escritas en seda y papel que fueron encontradas en la gran muralla, que datan de la dinastía Han, son una clara evidencia de que el material empleado en ese entonces es igual al que hoy existe.

En vista de que la seda era muy costosa y el bambú muy pesado, se trató de buscar un nuevo material que los reemplazara, siendo muy probable que el primer papel o cuasi papel que se hizo, fuese obtenido de la seda, lo que se demuestra en el hecho de que en el primer caracter o letra china que se creó, para dar la idea de papel, se incluyó el radical de la seda. Otros autores dicen que en la fabricación de los primeros papeles se emplearon corteza de árboles, trapos y redes de pescar, y posteriormente bambú.

Se ha señalado el año 105 D.C. como la fecha de la invención del papel, que corresponde al año en que el eunuco Ts'ai Lun informó oficialmente al emperador Yüan - hsing sobre el invento. Nunca se supo si Ts'ai Lun fue realmente el inventor o si debido a su posición oficial fue el patrocinador del invento. Los antiguos métodos manuales empleados en China para fabricar papel del bambú, eran exageradamente tediosos comparados con los métodos modernos; sin embargo el sistema que se implantó casi a principios de la era cristiana no ha tenido modificación alguna a través de los siglos, y aún se emplea en muy pequeña escala en el oriente. White (22), Debnicki (23), Hirth (24).

La idea de utilizar nuevamente el bambú en la fabricación de pulpa y su subsecuente conversión en papel, a escala industrial, surgió en la India aproximadamente en 1910, pero sólo a partir de 1925 tuvo su aplicación comercial una vez que se estudiaron las condiciones necesarias para el crecimiento y desarrollo del bambú.

Como consecuencia de ello se crearon nuevas fábricas de papel y muchas de las antiguas fábricas que empleaban como materia prima otros materiales fueron convertidas y ampliadas para producir papel del bambú.

Según Guha (25) la producción de papel en la India se elevó a 45.513 toneladas en 1933 - 34; a 59.200 toneladas en 1938 - 39; a 93.090 toneladas en 1947; a 193.454 toneladas en 1956 y esperaban producir para 1961, 350.000 toneladas. En todos estos aumentos, el bambú tuvo el papel más importante, su consumo fue: de 5.830 toneladas en 1925; 11.200 toneladas en 1930 - 31, 187.000 toneladas en 1944 - 45; 286.000 toneladas en 1952 - 53 y 450.000 toneladas en 1958 - 59. En la actualidad la industria mundial de la pulpa y el papel continúa centrada en la India, donde el 70% de la pulpa virgen es producida del bambú en 14 fábricas de papel, que alcanzaron en 1965 una producción calculada entre 500.000 y 600.000 toneladas. McGovern (26).

En el presente, demás de la India, existen una o dos fábricas de papel que emplean el bambú como materia prima en Tailandia, Pakistán, Indonesia, Taiwan, China, Filipinas y Brasil, y existen planes de montaje en Burma y Vietnam. En los Estados Unidos existe un latente interés en la posibilidad futura de emplear el bambú en la fabricación de pulpa y papel. En Latinoamérica, Brasil es el único país que cuenta en la actualidad con 2 fábricas de papel que emplean el bambú como materia prima y se planea el montaje de una tercera. En Colombia, la fábrica de papel Cartón de Colombia emplea esporádicamente la guadua (*Bambusa guadua*), con este propósito.

Vale la pena anotar que durante la Segunda Guerra Mundial la fábrica "Celulosa Argentina" localizada cerca a la ciudad de Rosario fabricó pulpa de la *Bambusa guadua*. Entre 1935 y 1940 existió en la Isla de Trinidad, cerca de Puerto España, una pequeña fábrica de papel de propiedad de Thomas Nelson and Sons, Ltda. de Edimburgo, Escocia, que se construyó con el propósito de convertir en pulpa la materia prima de 1.000 acres de *Bambusa vulgaris*. Debido a dificultades económicas y técnicas la fábrica sólo operó hasta 1940. En 1939 se realizaron investigaciones preliminares sobre el cultivo del bambú en Cuba llegándose a la conclusión de que el "crecimiento del bambú y la pulpa no eran prácticos desde el punto de vista económico". (Sineath y otros) (12).

1.1.1 TIPOS DE CARTON Y PAPEL QUE SE PRODUCEN DEL BAMBU.

Guha (104) indica las siguientes clases de papeles y cartones que comunmente se producen del bambú en la India.

1. Papel blanco de impresión (bond).
2. Papel sin blanquear.
3. Papel para offset.
4. Papel Antiguo brillante jaspeado.
5. Crema brillante, imitación tejido.
6. Imitación esmaltado.
7. Papel couché.
8. Papel cromado.
9. Papel Ledger.
   a. Para libros de Contabilidad.
   b. Azul cielo
10. Papel de seguridad.
11. Papel de copia.
12. Papel aéreo.
13. Papel para duplicados.
14. Papel de empaque
15. Papel Kraft.
16. Papel de envolver.
17. Cartones para carátula.
18. Papel para fósforos.
19. Papel secante.
20. Cartón de pulpa.
21. Cartón duplex.
22. Cartones triplex.
23. Cartones para pinturas.
24. Cartulina cromada.

Anota que la pulpa química del bambú se utiliza actualmente en la fabricación de papel periódico, mezclándolo con pulpa mecánica de *Boswellia serrata* en una proporción de 60% de pulpa mecánica y 40% de pulpa de bambú. Además la pulpa de bambú puede mezclarse con otras pulpas.

2
CONSTRUCCION

INTRODUCCION

El 6 de agosto de 1.945 estalló la primera bomba atómica sobre la ciudad de Hiroshima, Japón. Según Junko (27), en pocos segundos perecieron un total de 200.000 personas, equivalentes a la mitad de la población. Calles y edificios fueron destruidos, y los árboles, arbustos y prados se carbonizaron; sin embargo, en el epicentro, y como testigo de esta horrible destrucción, sólo quedó erguida y con vida una mata de bambú que sufrió ligeras quemaduras en uno de sus lados. Desafortunadamente, poco tiempo después la mata fue desenterrada con el fin de construir en el mismo lugar el Museo Conmemorativo de la Paz donde hoy se encuentran expuestas algunas porciones de la planta.

Lo anterior, sumado a los diversos resultados obtenidos de los estudios experimentales que hasta hoy se han realizado sobre las propiedades mecánicas del bambú, demuestran que su tallo tiene la estructura, quizás más perfecta que existe en la naturaleza.

Por sus extraordinarias cualidades físicas, su forma y liviandad, el bambú ha sido el material de construcción de uso más diversificado que haya existido. Por su bajo costo y fácil disponibilidad, ha sido utilizado particularmente por la gente de pocos recursos económicos, tanto de latinoámérica como de algunos países asiáticos, que no solo lo emplean en todo tipo de construcción sino también en la elaboración de muebles y de infinidad de artículos de uso doméstico, por lo cual se le llama "la madera de los pobres".

Hasta el presente, el empleo del bambú en la construcción se ha hecho en forma empírica, basada generalmente en los sistemas tradicionales establecidos en cada país, los que algunas veces están regidos por creencias y criterios que por ser en muchos casos erróneos, interfieren la evolución de la arquitectura y aún la aplicación apropiada de este material en la construcción.

Sería el ideal tratar de establecer una serie de normas técnicas, basadas en estudios experimentales que se realizaran sobre cada una de las diferentes especies de mayor uso en construcción, que permitan al igual que en la madera, su aplicación técnica, particularmente como elemento estructural.

Para dar los primeros pasos hacia este propósito, que sin duda alguna es difícil de lograr; se indican en esta sección una serie de informaciones técnicas resultantes de estudios experimentales realizados en el Asia y en América, referentes a la preparación y aplicación del bambú en la construcción; que incluyen entre otros: propiedades mecánicas de algunas especies, tratamientos de conservación y formas de aplicación del bambú entre las cuales se destaca su utilización como refuerzo en el concreto.

1.2 VENTAJAS DEL BAMBU SOBRE LA MADERA EN LA FABRICACION DE PAPEL

En muchos aspectos el bambú presenta mayores ventajas que la madera como materia prima para la elaboración de papel, entre otras las siguientes:

1. El bambú es la planta de más rápido crecimiento que existe en la naturaleza. Su máximo grado de madurez o de sazonamiento lo adquiere entre los 3 y los 6 años de edad. Para la fabricación de papel puede ser utilizado, según la especie y ciclo de corte entre 1 y 4 años. En cambio los árboles como el pino requieren de 15 a 30 años para su utilización en este propósito.
2. El bambú es una planta perenne y por ello, una vez que sus tallos se cortan, otros nuevos brotan antes de un año. En cambio cuando se cortan los árboles es necesario reforestar luego.
3. El rendimiento o producción anual del bambú, es mayor que el de la madera, como fué comprobado en experimentos realizados en Camden, Alabama (19) con el Pino Loblolly *(Pinustaeda)* y la especie de bambú *Phyllostachys bambusoides*. El rendimiento del pino por acre, en base seca, libre de corteza, fué de 15.870 libras; y la del bambú de 27.749 libras, incluyendo las ramas pero no las hojas.
4. El bambú es mucho más apropiado que el pino para la producción de ciertos papeles como el de uso facial, y papeles finos para escribir; ello se debe a que la fibra del bambú tiene una relación largo y ancho mayor que la del pino.
5. El bambú es un material liviano fácil de transportar a mano y empleando carros de tracción animal por lo que las plantaciones de bambú no requieren de buenos caminos. En plantaciones de árboles, se requiere el empleo de buldozers, camiones de gran tonelaje y por ello es necesario disponer de vías apropiadas.

1.3 ESPECIES DE BAMBU APROPIADAS PARA LA FABRICACION DE PULPA PARA PAPEL

1.3.1 EN AMERICA

1. En Suramérica

Según Sineath y otros (12), de las especies que crecen en Suramérica las más apropiadas para la fabricación de papel son:

1. *La Guadua angustifolia (Bambusa guadua)*, que se ha encontrado ser comparable como fuente de pulpa, a la *Bambusa tulda* de la India y a la *Arundinaria alpina* del Africa.
2. *Guadua aculatea*
3. *Guadua paraguayana*
4. *Guadua trinii.*
5. *Chusquea marosissima.*
6. *Melocanna baccifera*
7. *Bambusa vulgaris*, que no es nativa de América, pero se introdujo de la India hace 150 años.

2 En Norteamérica

8. *Phyllostachys bambusoides*
9. *Bambusa tulda*

1.3.2 EN ASIA

En la India y países vecinos, las especies más apropiadas para la fabricación de papel según Guha (25) y Sineath (12) son:

1. *Bambusa arundinacea*
2. *Bambusa bambos*
3. *Bambusa multiplex (nana)*
4. *Bambusa nutans*
5. *Bambusa polymorpha*
6. *Bambusa tulda.*
7. *Cephalostachyum pergracile.*
8. *Dendrocalamus hamiltonii.*

9. *Dendrocalamus longispathus.*
10. *Dendrocalamus strictus.*
11. *Melocanna bambusoides.*
12. *Ochlandra brandisii.*
13. *Ochlandra nigrociliata.*
14. *Ochlandra travancorica.*

En China y Japón se han investigado las siguientes especies en la elaboración de papel. Sineath y otros (27).

15. *Bambusa stenostachya.*
16. *Dendrocalamus latiflorus.*
17. *Gigantochloa wrayi.*
18. *Sinocalamus (Leleba) oldhami.*
19. *Ochlandra ridleyi.*
20. *Phyllostachys bambusoides.*
21. *P. edulis.*
22. *P. conesta.*
23. *P. lithopila.*
24. *P. makinoi.*
25. *P. nidularia.*
26. *P. nigra var. henonis.*
27. *P. edulis (pubescens).*
28. *P. bambusoides (reticulata).*

1.3.3 EN AFRICA

El bambú más empleado para la fabricación de papel en Kenya es la especie *Arundinaria alpina*, que se ha considerado un material muy satisfactorio para pulpa.

1.4 DIMENSION DE LAS FIBRAS DEL BAMBU

De acuerdo con los datos obtenidos hasta hoy, existe una considerable variación en las características de composición del bambú. Estas diferencias dependen principalmente de la localización geográfica, de la madurez o edad de las especies y de la posición en el tallo.

En general puede decirse que la longitud de la fibra tiende a aumentar en relación con la altura del tallo. Se ha encontrado que las fibras son más largas en la parte intermedia del tallo que en la porción basal; sin embargo, la longitud de la fibra comienza a decrecer a medida que se aproxima al extremo superior del tallo. La magnitud de esta variación difiere muchísimo entre las especies, pero en general sigue el mismo principio.

El ancho de las fibras del bambú. tiende a decrecer con la altura del tallo. Tanto la longitud como el ancho parece que varian en la misma forma a todo lo largo del tallo. Las fibras son más largas y angostas en la parte interna de la pared.

El promedio de la longitud de la fibra varía entre 1.5 y 4.4 mm. para especies aisladas; pero un gran número predomina entre 2.2 y 2.6 mm. En la misma forma el ancho varía extensivamente entre 7 y 27 μ con un promedio de 14 μ. Las fibras anchas de paredes delgadas y de superficie estriada, muestran un promedio de longitud de 2.8 a 3.2 mm. y anchos entre 20 y 40 μ. Los segmentos de vasos de superficie estriada pueden tener anchos máximos de 100μ. Las células del parénquima alcanzan dimensiones de 0.25 mm. de longitud y 65 μ de ancho.

Debido al creciente interés que existe actualmente por el empleo del bambú como materia prima en la elaboración de papel, se ha determinado la longitud de las fibras de bambú en muchas especies, de las cuales Sineath y otros (12) indican las siguientes conjuntamente con la relación de largo y ancho, que es un importante factor en la fabricación de papel. Una fibra larga y angosta da una alta relación, y por ello es la más apropiada para la fabricación de papel.

1.4.1 TABLA. DIMENSION DE LAS FIBRAS DE ALGUNAS ESPECIES (En Milímetros)

ESPECIES	Longitud de la fibra (mm)			Ancho	
	Mínimo	Máximo	Promedio		
Arundinaria alpina	1.6	2.7	2.3		–
Arundinaria alpina	1.6	2.7	—		0.023
Bambusa arundinácea	1	3	—	0.010	0.015
Bambusa blumeana	2.5	3.0	—		–
Bambusa lumampao.	2.5	3.0	—		–
Bambusa multiplex (nana)	–	—	1.6-1.9		–
Bambusa multiplex (nana)	0.5	3.7	1.9		–
Bambusa tulda	–	—	2.4		–
Bambusa tulda	1.8	3.5	—		–
Cephalostachyum pergracile	0.45	4.5	—	0.009	0.030
Dendrocalamus latiflorus (de un año)	–	—	3.782		0.0214
Dendrocalamus latiflorus (Maduro)	–	—	3.530		0.0210
Gigantochloa apus (Bambusa apus?)	1.6	4.6	—	0.008	0.024
Gigantochloa maxima	2	4	—	0.014	0.036
Gigantochloa wrayi	1.4	3.6	2.4		–
Guadua angustifolia (Bambusa guadua)	1	4	—	0.005	0.056
Ochlandra ridleyi	1.0	4.2	2.3		–
Phyllostachys bambusoides	0.3204	3.4218	1.4774		–
Phyllostachys makinoi (de un año)	–	—	2.54		0.0199
Phyllostachys makinoi (Maduro)	–	—	2.65		0.0199
Schizostachyum lumampao	–	—	2.5-3.0		–

1.5 RELACION DE LARGO Y ANCHO DE VARIAS FIBRAS.

ESPECIES	RELACION	ESPECIES	RELACION
Arundinaria alpina	100.0*	*Phyllostachys edulis*	120.9
Bambusa arundinacea	160.0**	*Phyllostachys lithophila*	96.5
Bambusa guadua (Guadua angustifolia)	83.3**	*Phyllostachys makinoi*	151.5
Sinocalamus (Bambusa) oldhami	128.3	*Phyllostachys makinoi* (de un año)	127.6*
Bambusa stenostachya	133.6	*Phyllostachys makinoi* (Maduro)	133.2
Cephalostachyum pergracile	124.0**	*Phyllostachys makinoi*	139.0
Dendrocalamus latiflorus	123.3*	*Phyllostachys nigra var. henonis*	110.2
D. latiflorus (de un año)	176.7*		
D. latiflorus (Maduro)	168.1		
Gigantochloa apus (Bambusa apus?)	193.8**		
Gigantochloa maxima	120.0**		
Phyllostachys bambusoides	120.2		

* Calculada por Sineath y otros (12) dividiendo el promedio de la longitud por el promedio del ancho.

** Valor aproximado calculado por Sineath y otros (12) dividiendo el promedio aritmético de longitud máxima y mínima por el promedio aritmético máximo y mínimo del ancho.

1.6 TABLA. COMPOSICION QUIMICA DE ALGUNOS BAMBUES (BASE SECA).

	ESPECIES	Localización	SOLUBILIDAD					Lignina	Pentosa	Ceniza	Sílice	Celulosa Por el método monoetanolamina.	α Celulosa	Ref.
			Alcohol Benceno %	Benceno[a] (Cera) %	NaOH 1% %	Agua Caliente %	Agua Fría %	%	%	%	%	%	%	
1.	*Arundinaria alpina*	Etiopía	3.2	–	25.4	–	–	–	–	–	–	43.8	30.4	b
2.	*Arundinaria longifolia*	Arizona	3.9	–	27.4	–	–	–	–	–	–	60.3	39.3	b
3.	*Arundinaria tecta.*	Maryland	7.9	1.5	43.0	–	–	–	–	–	–	46.1	26.4	c
4.	*Bambusa arundinacea*	India	1.2	0.8d	19.4	6.0	4.6	30.1	19.6	3.3	1.8	57.6e	–	f
5.	*Bambusa polymorpha.*	India	1.7	1.0d	18.4	6.9	2.9	22.0	21.5	1.7	1.0	61.8e	–	f
6.	*Bambusa spinosa.*	Filipinas	3.1	–	39.5	7.0	–	20.4	19.0	4.8	3.4	67.4g	–	h
7.	*Bambusa tulda.*	India	1.9	0.9d	21.8	5.0	2.6	24.2	18.4	2.0	1.4	64.4e	–	f
8.	*Bambusa vulgaris.*	Brasil	5.0	0.7	25.8	–	–	–	–	–	–	55.2	36.3	j
9.	*Bambusa vulgaris.*	Filipinas	4.1	–	27.9	7.8	–	21.9	21.1	2.4	1.1	66.5g	–	h
10.	*Chusquea culeou:* Nudo	Argentina	5.7	–	18.0	4.3	–	20.0	25.0	2.5	–	62.2e	40.1	k
	Entrenudo		7.9	–	20.3	4.0	–	14.7	24.5	2.4	–	65.3e	42.1	k
	Tallo total		8.4	–	22.0	4.2	–	18.9	26.5	2.3	–	63.2e	40.0	k
11.	*Dendrocalamus hamiltonii.*	India	0.3	–	20.8	4.4	2.5	26.2	21.5	1.8	0.4	63.3e	–	f
12.	*Dendrocalamus longispathus.*	India	1.2	–	19.8	5.1	2.3	24.5	19.5	2.4	2.0	63.0e	–	f
13.	*Dendrocalamus merrillianus.*	Filipinas	3.6	–	26.1	6.1	–	24.2	23.8	4.2	2.1	64.6g	–	h
14.	*Dendrocalamus strictus.*	India	0.2	0.6	15.0	5.9	4.2	32.2	19.6	2.1	0.8	60.8e	–	f
15.	*Dendrocalamus strictus.* Recién florecido	India	–	–	16.6	8.6	–	16.6	18.2	1.6	0.4	57.2e	–	f
16.	*Dendrocalamus strictus.* (4 años)	India	–	–	14.4	3.0	–	17.8	19.2	1.0	0.3	63.4e	–	f
17.	*Dendrocalamus strictus.* (Maduro)	India	–	–	16.4	9.7	–	14.4	18.5	2.5	1.7	56.8e	–	f
18.	*Dendrocalamus strictus.* Promedio en 8 estados	India	1.7	1.3d	20.0	6.6	5.0	25.1	17.2	1.7	1.2	61.0e	–	f
19.	*Gigantochloa aspera*	Filipinas	5.8	–	13.1	6.9 4.1	–	23.5	20.1	4.2	2.1	62.4g	–	h
20.	*Guadua amplexifolia.* Superior	México	4.1	0.3	29.5	–	–	–	–	–	–	61.6	43.0	j
	Intermedio		3.7	0.4	28.5	–	–	–	–	–	–	60.9	42.8	j
	Base		5.8	0.6	32.2	–	–	–	–	–	–	58.2	40.6	j
21.	*Guadua angustifolia (Bambusa guadua).*	Colombia y Ecuador	3.6	0.3	37.3	–	–	–	–	–	–	52.1	29.8	j
22.	*Melocanna bambusoides.*	India	1.4	0.8d	19.0	6.5	3.3	24.1	15.1	1.9	1.5	62.2e	–	f
23.	*Neohouzeaua dullooa (Teinostachyum).*	India	3.2	1.8d	20.5	6.6	5.0	23.8	18.1	1.8	0.9	64.6e	–	f
24.	*Ochlandra travancorica*	India	2.2	0.8d	20.0	5.1	3.6	26.9	17.8	2.6	2.1	61.8e	–	f
25.	*Oxytenanthera abyssinica*	Etiopía	5.4	–	29.5	–	–	–	–	–	–	56.7	39.8	b

26.	*Oxytenanthera nigrociliata*	India	0.2	0.2d	17.1	3.4	1.6	27.1	17.4	2.0	1.4	66.7e	–	f
27.	*Phyllostachys angusta*	Georgia	7.2	0.4	26.9	–	–	–	–	–	–	56.1	35.6	c
28.	*Phyllostachys aureosulcata*	Georgia	5.0	–	27.1	–	–	–	–	–	–	57.2	36.3	c
29.	*Phyllostachys bambusoides*													
	hasta de 15 años de edad	Georgia	4.4	–	26.7	–	–	23.0	28.5	2.3	0.1	58.1	34.8	i
30.	*Phyllostachys bambusoides*	Georgia												
	Intermedio		5.9		22.5	–	–	–	–	–	–	57.7	36.6	i
	Base		5.8	0.3	23.6	–	–	–	–	–	–	58.0	35.5	i
31.	*Phyllostachys bambusoides*													
	cv. castillon	Georgia	6.1	0.6	26.8	–	–	–	–	–	–	57.6	35.6	c
32.	*Phyllostachys Bambusoides*													
	cv. tallo delgado	Georgia	7.3	–	25.4	–	–	–	–	–	–	56.4	35.7	c
33.	*Phyllostachys bambusoides*													
	cv. tallo blanco	Georgia	9.2	–	28.0	–	–	–	–	–	–	55.4	34.2	c
34.	*Phyllostachys bissetii*	Georgia	9.4	0.2	29.1	–	–	–	–	–	–	58.0	35.0	c
35.	*Phyllostachys congesta.*	Georgia	6.1	–	27.6	–	–	–	–	–	–	57.0	35.6	c
36.	*Phyllostachys decora*	Georgia	6.5	0.3	24.2	–	–	–	–	–	–	58.7	35.0	c
37.	*Phyllostachys dulcis*	Georgia	12.6	–	32.1	–	–	–	–	–	–	52.9	32.9	c
38.	*Phyllostachys flexuosa.*	Georgia	6.1	–	26.1	–	–	–	–	–	–	57.0	35.5	c
39.	*Phyllostachys lithophila.*	Taiwan	4.0	–	22.6	–	–	–	–	–	–	61.4	39.0	b
40.	*Phyllostachys makinoi.*	Taiwan	2.9	–	23.6	–	–	–	–	–	–	59.2	38.7	b
41.	*Phyllostachys meyeri*	Georgia	5.8	–	25.5	–	–	–	–	–	–	57.8	36.9	c
42.	*Phyllostachys nidularia.*													
	cv. brácteas lisas	Georgia	13.4	0.3	31.3	–	–	–	–	–	–	53.1	33.0	c
43.	*Phyllostachys nigra*	Georgia	6.0	–	29.5	–	–	–	–	–	–	57.2	36.4	c
44.	*Phyllostachys nigra*	Georgia	6.2	–	26.9	–	–	–	–	–	–	58.1	36.7	c
45.	*Phyllostachys nuda.*	Georgia	5.3	0.2	25.6	–	–	–	–	–	–	56.6	36.1	b
46.	*Phyllostachys pubescens.*	Georgia	6.4	–	28.7	–	–	–	–	–	–	57.2	34.1	c
47.	*Phyllostachys purpurata.*	Georgia	8.5	–	30.9	–	–	–	–	–	–	53.4	35.7	c
48.	*Phyllostachys rubromarginata.*	Georgia	8.4	0.3	27.4	–	–	–	–	–	–	56.1	35.6	c
49.	*Phyllostachys viridiglaucescens*	Georgia	8.3	–	28.6	–	–	–	–	–	–	57.1	34.9	c
50.	*Phyllostachys viridis.*	Georgia	9.6	0.3	29.8	–	–	–	–	–	–	54.5	34.1	c
51.	*Phyllostachys vivax.*	Georgia	7.8	0.2	25.9	–	–	–	–	–	–	56.7	36.0	c
52.	*Schizostachyum lumampao.*	Filipinas	1.7	–	28.1	5.6	–	20.6	21.5	9.5	7.5	63.8g	–	h
53.	*Sinarundinaria murielae.*		4.5	–	28.6	4.4i	–	–	–	–	–	60.7	–	b

a. Componentes solubles en alcohol–benceno, disueltos en benceno caliente, base seca en estufa.
b. G. H. Nelson et / al, Tappi, 49 (1) : 40-48 (Enero, 1966).
c. H. J. Nieschlage et / al, Tappi, 43 (12) : 993-998 (Diciembre 1960).
d. Solubilidad en éter etílico.
e. Celulosa Cross y Bevan.
f. M. P. Bhargava, Indian Forest Bol., 129, Dehra Dun, India, 1945.
g. Holocelulosa
h. M.R. Monsalud y P.M. Nicolás. Philippine J. Sci. 87 (2): 119-141 (junio 1958).
i. Soluble en agua caliente después de la extracción del alcohol-benceno, base seca en estufa.
j. H.J. Nieschlag et / al, Tappi, 43 (3): 193-201 (Marzo 1960).
k. H.M. Valente, Notas Tecnol. Forest (2): 4 (marzo 1960).
l. T.R. Naffziger et / al, Tappi, 43 (6): 591-596 (Junio 1960).

Tomado de "PULP AND PAPER MANUFACTURE" (28).

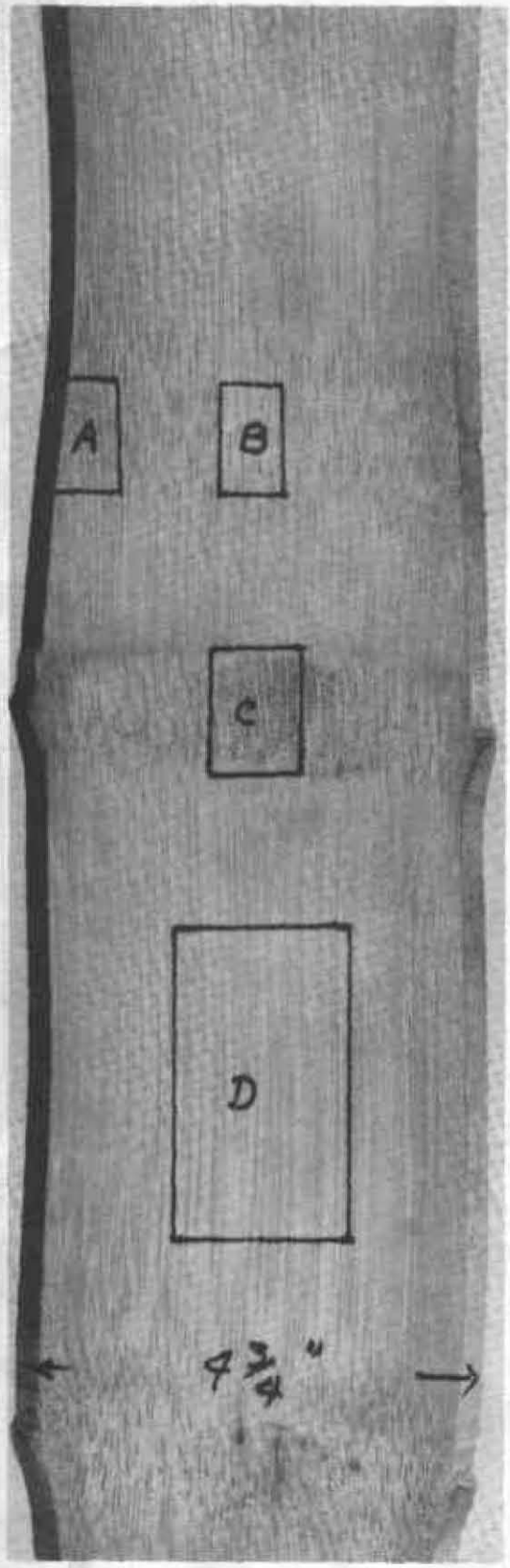


Lámina de guadua (Bambusa guadua), con la cual se hicieron los análisis y fotomicrografías en el Forest Products Laboratory, Madison.

1.7 VOLUMEN DE TALLOS DE BAMBU Y AREA DE CULTIVO NECESARIA PARA LA PRODUCCION DE PULPA

Según Ueda se necesitan 3 toneladas de bambú (base seca) para producir una tonelada de pulpa. Considerando a groso modo una producción de 3 toneladas por año por hectárea un bosque de 1.000 hectáreas produciría 1.000 toneladas de pulpa. Dice que la India puede disponer de un poco más de 800.000 hectáreas de bambú que podrían producir 2.400.000 toneladas de tallos de bambú con los cuales se podrían fabricar anualmente 800.000 toneladas de pulpa.

1.8 LA GUADUA *(BAMBUSA GUADUA)* COMO MATERIA PRIMA PARA LA FABRICACION DE PULPA Y PAPEL.

La Guadua *(Bambusa guadua, Guadua angustifolia)* nativa principalmente de Colombia y Ecuador, es considerada como uno de los bambúes de América más apropiados para la fabricación de papel. Como se anotó anteriormente, su pulpa puede compararse favorablemente con las pulpas obtenidas de *Bambusa tulda*, de la India, y *Arundinaria alpina* de Africa.

La información que se indica a continuación referente a la composición química, longitud de las fibras y fotomicrografías de la *Bambusa guadua*, fué obtenida en el Forest Products Laboratory de Madison, Wisconsin, de una muestra tomada por el autor en el Departamento del Valle, en Colombia y llevada por él a Madison en el mes de agosto de 1.972. Vale la pena anotar que el Forest Products Laboratory ha sido una de las entidades extranjeras que mayor colaboración ha prestado al autor en el desarrollo de sus investigaciones.

Debido a que estos datos sólo fueron obtenidos de una sola muestra, no deben tomarse como una base exacta ya que es necesario realizar otros análisis con varias muestras para poder establecer un promedio.

1.8.1 COMPOSICION QUIMICA

Se analizaron muestras secas de las diferentes capas de la pared del tallo como fueron: A. Capa externa; B. Capa interna; C. Porción del nudo. (Ver fotografía) dando los siguientes resultados:

Muestra	Ceniza %	Sílice (SiO_2)%	Lignina %	Total de Carbohidratos.
A	4.33	3.18	27.06	68.88
B	3.52	1.54	24.06	67.27
C	6.77	4.66	24.12	66.23

Los datos anteriores fueron suministrados al autor por el doctor Wayne E. Moore, Director de Proyectos de Investigación del Laboratorio de Química Analítica del Forest Products Laboratory, Madison. Estos datos pueden ser complementados con los que se indican en el cuadro de Composición Química Aproximada de Algunos Bambúes.

1.8.2 LONGITUD DE LAS FIBRAS

De una muestra de *Bambusa guadua* igual a la utilizada para los análisis químicos, se obtuvieron los siguientes datos referentes a la longitud de las fibras, y las fotomicrografías que se muestran a continuación fueron tomadas en el microscopio eléctrónico del Forest Pro-

ducts Laboratory y suministradas al autor por el Dr. Richard J. Auchter, Director Asistente del Departamento de Investigaciones de Fibras.

Longitud de la fibra de la pulpa.	2.300 mm.
Longitud de la fibra en el borde y lado opuesto	2.543 y 2.777 mm

Los datos anteriores se obtuvieron midiendo 100 fibras en cada caso.

1.8.3 ESTUDIO REALIZADO EN ECUADOR SOBRE EL MONTAJE DE UNA FABRICA DE PAPEL DE 7.500 TON. EMPLEANDO PULPA DE GUADUA

Según Acosta Solís (29) el informe preparado en 1950 por la firma Ebasco Services Incorporated de New York para la Corporación de Fomento de la Producción del Ecuador, denominado "Posibilidad Industrial para la Producción de Papel de pulpa guadua en el Ecuador", dice que la pulpa guadua sometida a las diferentes pruebas es "excelente y que el papel elaborado con esta pasta es de buena calidad".

En base a estadísticas de importación y consumo este informe recomienda el montaje de una fábrica de papel con una capacidad productiva anual de 7.500 toneladas distribuídas en la siguiente forma:

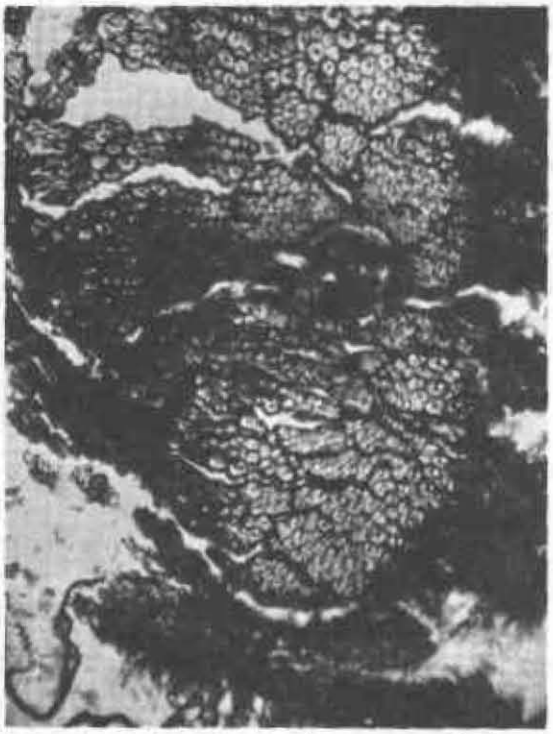
Papel de empaque	2.250 toneladas anuales.
Papel periódico	3.500 toneladas anuales.
Papel blanco de empaque	225 toneladas anuales.
Papel de escribir	700 toneladas anuales.
Papel sellado	500 toneladas anuales.
Papel misceláneo	325 toneladas anuales.

Las materias primas requeridas para una producción de 7.500 toneladas serían:

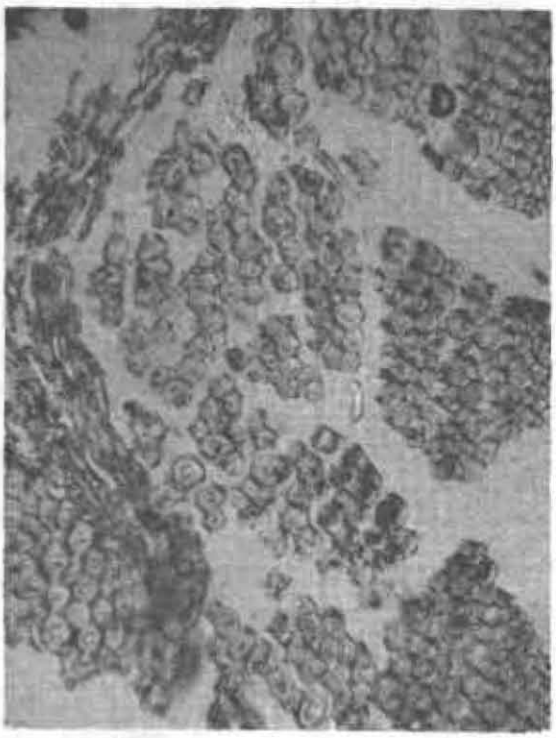
Bambú, caña guadua secada al aire	18.750 toneladas anuales.
Sal en bloques	940 toneladas anuales.
Cal	2.070 quintales anuales.
Aluminio	3.000 quintales anuales.
Cola	750 toneladas anuales.
Cloro líquido	240 quintales anuales.
Cáustico	2.100 quintales anuales.

El estudio anterior, del cual Acosta Solís (27) no da mayores detalles, puede ser tomado como una base para el planeamiento de una fábrica de papel de la capacidad indicada, pero es conveniente tener en cuenta que en los últimos años se han logrado nuevos sistemas de procesamiento del bambú para obtener mejores pulpas, y con los cuales se han superado los problemas que existieron en un principio.

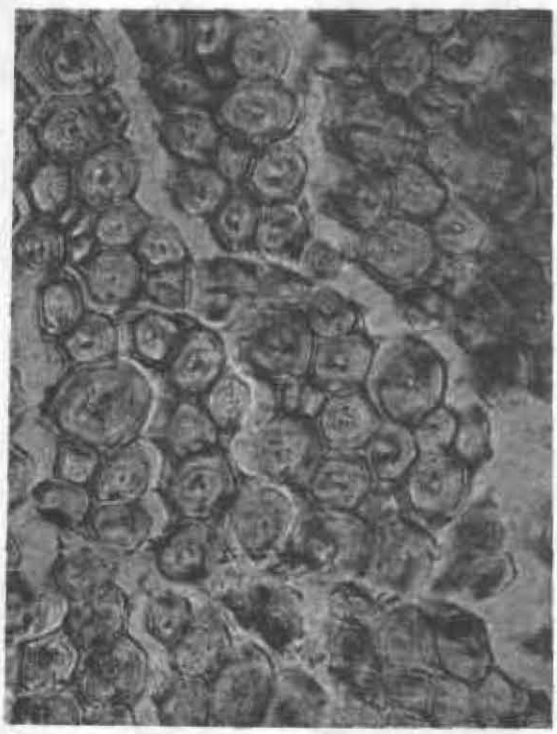
1.8.4 **Fotomicrografías** de la *Bambusa guadua (Guadua angustifolia)* tomadas en el microscopio electrónico del Forest Products Laboratory de Madison, Wisconsin.



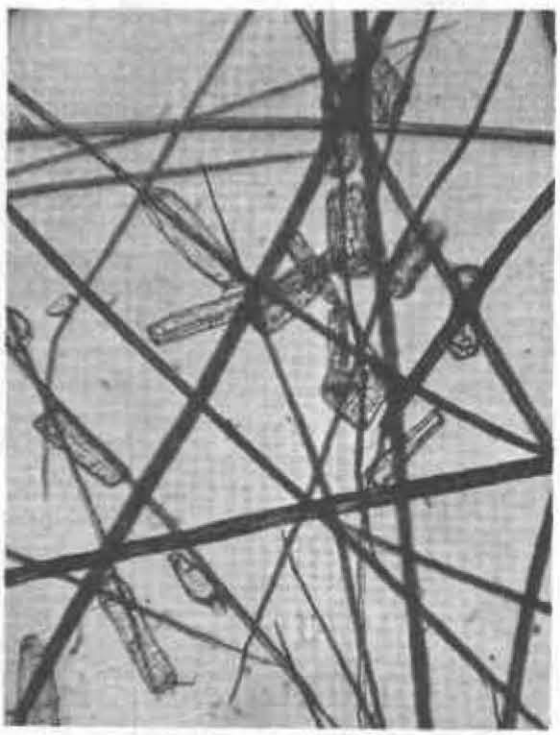
Sección Transversal 76 X - (Bambusa guadua)



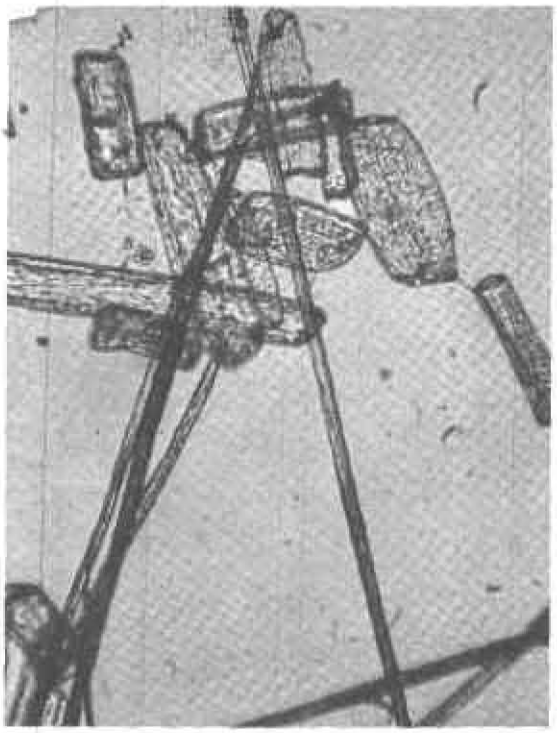
Sección Transversal 125 X - (Bambusa guadua)



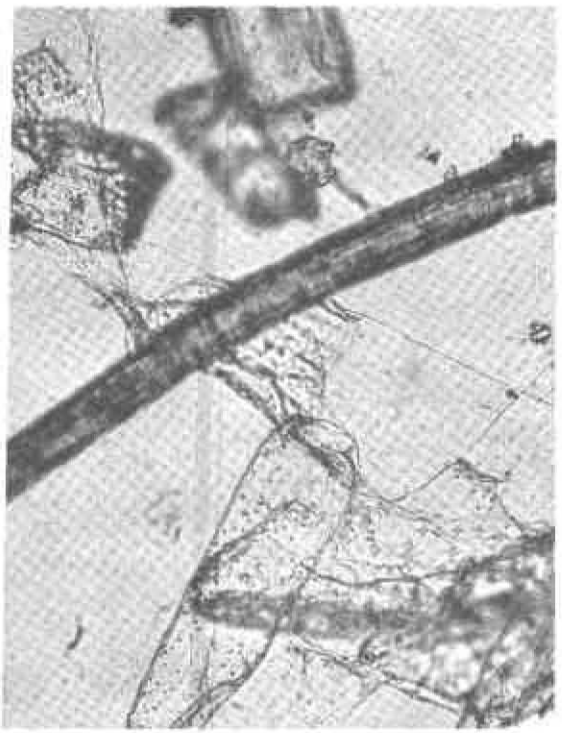
Sección Transversal 310 X - (Bambusa guadua)



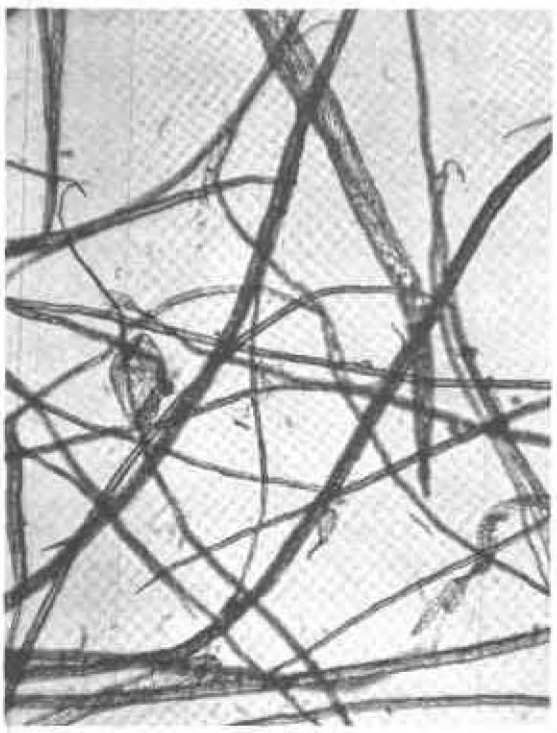
Macerada 75 X - (Bambusa guadua)



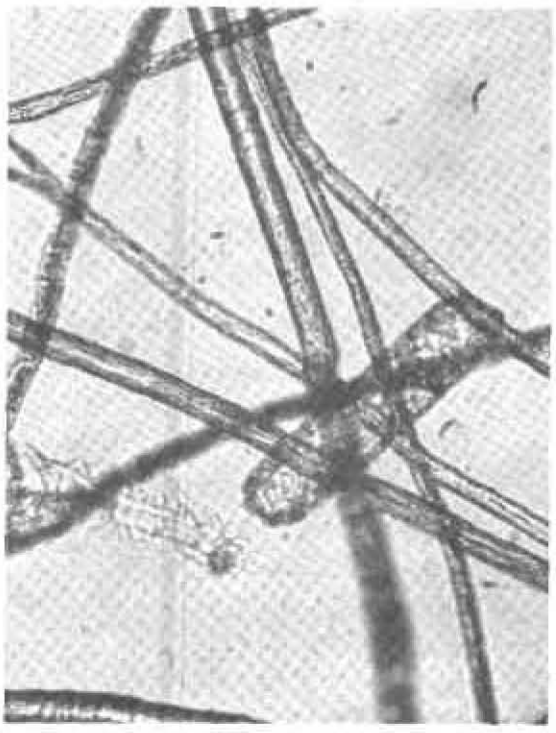
Macerada 125 X (Bambusa guadua)



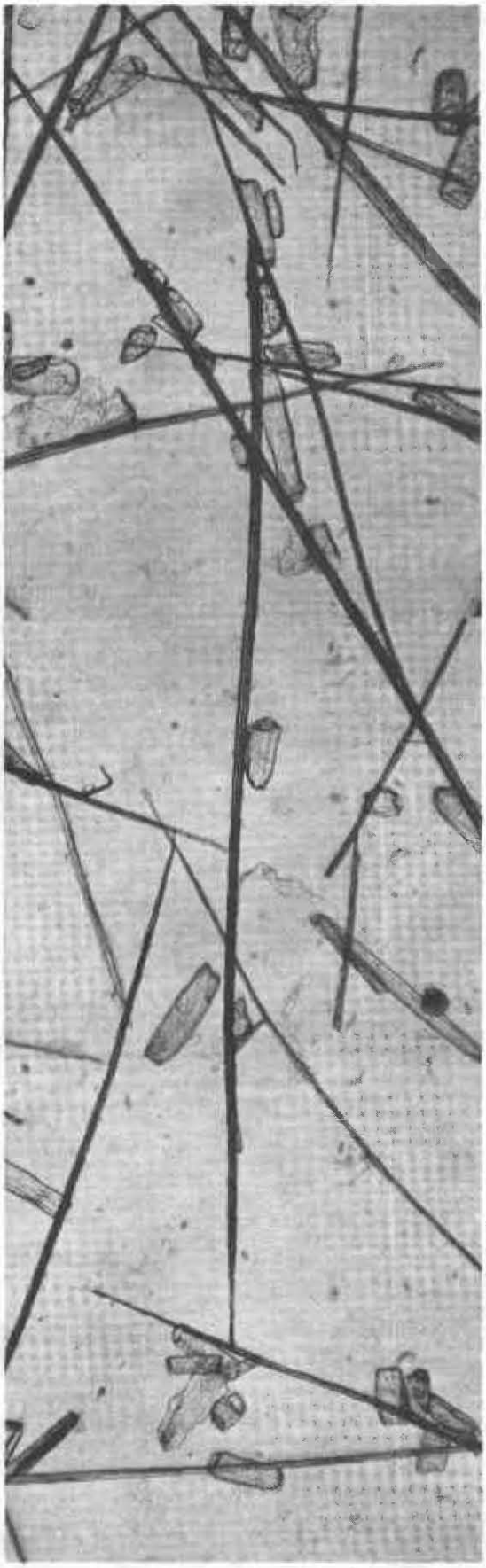
Macerada 310 X - (Bambusa guadua)



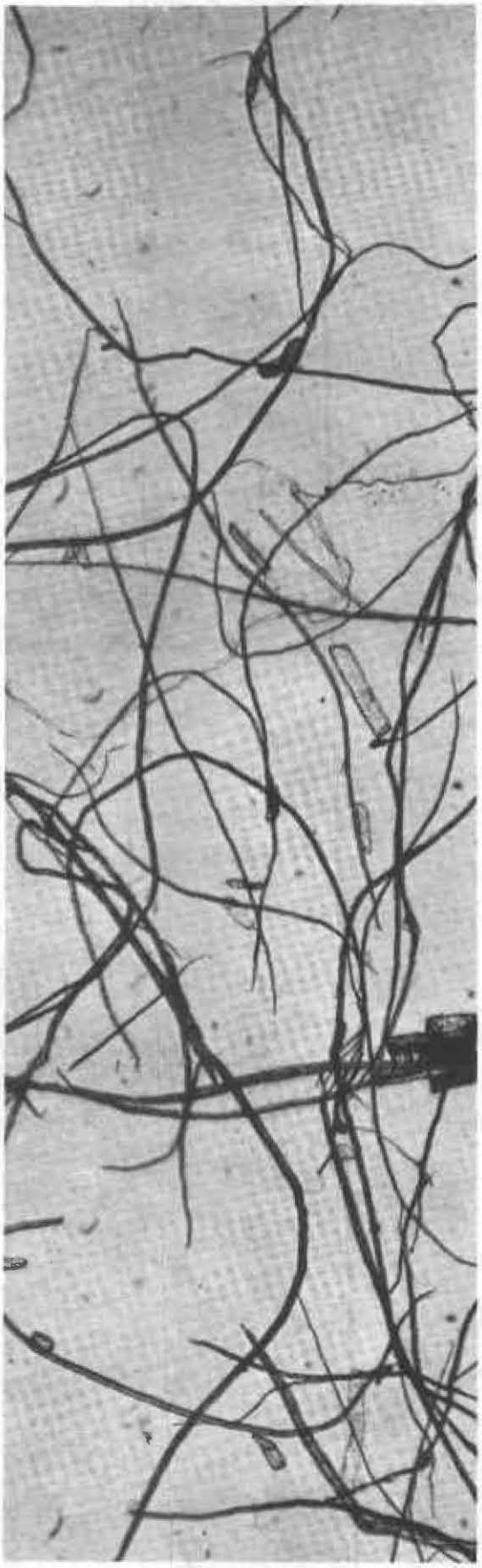
Pulpa 125 X - (Bambusa guadua)



Pulpa 310 X - (Bambusa guadua)



Macerada 75 X - (Bambusa guadua)



Pulpa 75 X - (Bambusa guadua)

2.1 ESPECIES NATIVAS Y CULTIVADAS EN AMERICA DE MAYOR USO EN CONSTRUCCION

De las especies nativas de América que tienen mayor y más diversa aplicación en la construcción, son las correspondientes a los géneros *Chusquea* y al subgénero *Guadua*, de las cuales se anota a continuación el nombre científico y vulgar, sus características y usos más comunes. También se indican otras especies cultivadas en América que son originarias del Asia.

2.1.1 ESPECIES NATIVAS

1. *Chusquea spp.* — Chusque, Suro, Carrizo.
   América Central y Sur América. Se desarrolla en las altas zonas andinas, desde Méjico hasta Chile y Argentina.
   Tallos: generalmente largos y esbeltos, relativamente débiles, macizos en el centro.
   Usos: Forros de techos y paredes de barro.

2. *Bambusa aculatea (Guadua aculatea).* Tarro en América Central. Se desarrolla entre Méjico y Panamá.
   Tallos: 23 mts., por 13 cms., internudos relativamente cortos; madera de espesor moderado
   Usos: Generales.

3. *Bambusa amplexifolia (Guadua amplexifolia):* Cauro en Nicaragua. Se desarrolla entre Venezuela y Méjico.
   Tallos: 18 mts., por 10 cms., internudos relativamente cortos, los inferiores semimacizos.
   Usos: Generales. La menos indicada entre las especies registradas para construcción pero muy empleada en Nicaragua con tal fin..

4. *Bambusa superba (Guadua superba)* Marona.
   Se encuentra en el Brasil.
   Tallos: 23 metros por 13 cms.
   Usos: Generales.

5. *Bambusa guadua (Guadua angustifolia):* Guadua.
   Se encuentra en Colombia, Ecuador y Perú.
   Tallos: altura promedia 28 metros por 15 cms. Internudos relativamente cortos, madera con más de 2 cms. de espesor.
   Usos: Generales. Es el bambú más sobresaliente de todos los nativos de latinoamérica, no sólo por sus características físicas sino por la diversidad de aplicaciones que tiene en la construcción. Aparentemente tiene una resistencia relativamente alta, tanto a los hongos como a los insectos xilófagos. Se ha observado muchas veces que las maderas empleadas conjuntamente con este bambú en la construcción, han sido destruidas por los insectos, mientras que la guadua continuaba utilizable.

2.1.2 ESPECIES CULTIVADAS ORIGINARIAS DEL ASIA.

1. *Bambusa textilis:* Actualmente cultivada en los Estados Unidos (Georgia, Florida, California y Puerto Rico).
   Tallos: altura aproximada 12 metros por 5 cms., internudos algo largos, madera más bien delgada.
   Usos: amarre de estructuras.

2. *Bambusa tuldoides:* Bambú pértiga.
   Se encuentra en Brasil y el Salvador.
   Tallos: Altura de 17 metros por 5 cms.
   Usos: Generales.

3. *Bambusa vulgaris:* Llamado "Bambú" en Latinoamérica.
   En los trópicos se cultivan dos tipos: uno de tallo completamente verde y otro de tallo verde con estrías amarillas.
   Tallos: Altura de 6 a 21 metros por 5 a 12 cms. Madera relativamente gruesa y fuerte, suceptible de ser atacado por los insectos.
   Usos: Generales.

2.2 PROPIEDADES FISICAS DEL BAMBU

Los datos que a continuación se indican sobre las propiedades físicas del bambú, corresponden a los valores máximos y mínimos obtenidos de los ensayos de varias especies, realizados por K. Datta (38) y H. E. Glenn (36) como parte de sus experimentos sobre el empleo del bambú como refuerzo en el concreto. Además se indican los resultados obtenidos por G. E. Heck (35) en sus estudios, sobre las propiedades de algunas especies de bambúes cultivadas en Puerto Rico y de la especie nativa de Colombia y Ecuador, la guadua *(Bambusa guadua, Guadua-angustifolia)*.

2.2.1 RESISTENCIA A LA TENSION

2.2.1.1 En la zona del entrenudo.

Resistencia máxima 3.515,5 kg/cm² (50.000 lbs/pulg²).
Resistencia mínima 1.828 kg/cm² (26.000 lbs/pulg²).

2.2.1.2 En la zona del nudo.

Resistencia máxima 3.480,34 kg/cm² (49.500 lbs/pulg²).
Resistencia mínima 1.265,58 kg/cm² (18.000 lbs/pulg²).

2.2.1.3 Promedios máximos de resistencia a la tensión.

En el entrenudo 2.636,62 kg/cm² (37.400 lbs/pulg²)
En el nudo 2.285 kg/cm² (32.500 lbs/pulg²).

2.2.1.4 Módulo de elasticidad a la tensión.

Máximo promedio 316.395 kg/cm² (4.500.000 lbs/pulg²).
Mínimo promedio 140.620 kg/cm² (2.000.000 lbs/pulg²).

2.2.2 RESISTENCIA A LA COMPRESION

Máxima 863 kg/cm² (12.274,29 lbs/pulg²).
Mínima 562,48 kg/cm² (8.000 lbs/pulg²).

2.2.2.1 Módulo de Elasticidad a la Compresión.

Máxima 199.000 kg/cm² (2.830.341 lbs/pulg²).
Mínima 151.869,6 kg/cm² (2.160.000 lbs/pulg²).

2.2.3 RESISTENCIA A LA FLEXION

Máxima 2.760 kg/cm² (39.255 lbs/pulg²).
Mínima 763 kg/cm² (10.852 lbs/pulg²).

2.2.3.1 Módulo de Elasticidad a la Flexión.

Máximo 220.000 kg/cm² (3.129.020 lbs/pulg²).
Mínimo 105.465 kg/cm² (1.500.000 lbs/pulg²).

2.2.4 RESISTENCIA DE LAS FIBRAS DE LAS CAPAS EXTERNA E INTERNA DE LA PARED DEL TALLO.

Según Bäumann la resistencia de las fibras varía de acuerdo a su posición en la pared del bambú, siendo más fuertes las fibras de la capa externa que las internas de acuerdo con los siguientes valores obtenidos.

TABLA. 2.2.4.1 Resistencia a la flexión y tensión de las fibras de la capa exterior e interior en un tallo de bambú.

	Capa Exterior		Capa Interior	
	lbs/pulg²	kg/cm²	lbs/pulg²	kg/cm²
Resistencia a la flexión	36.000	2.531.16	13.500	949,18
Resistencia a la tensión	44.000 a 47.000	3.093,64 a 3.304.57	21.000 a 23.000	1.476,51 a 1.617.13

2.2.5 ESTUDIOS REALIZADOS POR G.E. HECK SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BAMBUSA GUADUA (GUADUA ANGUSTIFOLIA) Y DE OTROS BAMBUES CULTIVADOS EN PUERTO RICO.

En 1956 G.E. Heck (35) realizó en el Forest Products Laboratory de Madison Wisconsin, una serie de estudios sobre las propiedades de algunos bambúes de origen asiático que se cultivan en Puerto Rico y de especies nativas de América, como la *Bambusa guadua (Guadua angustifolia)* y la *B. arundinaria*. Tanto las características de las especies cultivadas en Puerto Rico como los resultados obtenidos de los ensayos mecánicos se indican en las siguientes tablas. Otros ensayos realizados por Heck (35) se indican en la parte correspondiente a Estructuras Laminadas.

TABLA. 2.2.5.1 Dimensión promedia, mínima y máxima de los tallos de bambú cultivados en Puerto Rico.

Especies		Edad al ser cortado (años)	Altura (pies)	Diámetro exterior (pulgs.)	Espesor de la pared. (pulgs.)	Separación de los nudos (pulgs.)
Bambusa vulgaris	Promedio	2	34	1.97	0.27	11.5
	Mínimo	1.5	22	1.14	.15	10.0
	Máximo	2.5	45	3.09	.56	14.0
Bambusa arundinacea	Promedio	1.5	28	2.52	.57	9.6
	Mínimo	.9	21	1.89	.27	7.0
	Máximo	2.0	31	3.41	.88	15.0
Bambusa tulda	Promedio	1.5	42	1.81	.25	12.3
	Mínimo	.9	31	1.01	.13	8.0
	Máximo	2.0	51	2.33	.51	16.0
Dendrocalamus strictus	Promedio	.9	26	1.31	.52 *	8.5
	Mínimo	.8	18	.61	.22	4.0
	Máximo	1.0	34	2.43	.94	13.0

* En el promedio se incluyen algunos tallos sólidos, de los cuales el espesor de la pared se consideró como la mitad del diámetro.

TABLA. 2.2.5.2 Resistencia a la flexión de tallos de bambú cultivados en Puerto Rico. (Ensayados a un contenido de humedad del 10%).

Especies	*Gravedad* específica(*)	*No. de* ensayos	Resistencia *en la fibra* en el límite proporcional lbs/pulg2	Módulo de *Rotura* lbs/pulg2	Módulo de *Elasticidad* 1.000 lbs/pulg2	Factor de trabajo en el límite proporc. pulg-lb. por pulg3	Factor para *máxima carga* de trabajo pulg-lb. por pulg.3
Bambusa vulgaris	0.70	10	9.330	17.480	2.270	2.62	19.03
Bambusa arundinacea	.58	9	7.550	13.120	1.720	2.14	15.42
Bambusa tulda	.79	19	13.300	17.820	2.800	4.26	13.61
Dendrocalamus strictus	.62	14	14.530	24.420	2.530	3.99	36.08
Promedio	.67		11.180	18.210	2.330	3.25	21.04

* Basada en peso y volumen una vez secado en estufa.

TABLA. 2.2.5.3 Resistencia a la flexión de tablillas o latas de sección transversal rectangular, secadas al aire; de bambúes cultivados en Puerto Rico

Especies	(I) Internudo o (N) Nudo incluído	Posición de la capa externa Ar.-Arriba Ab.-Abajo	Contenido de humedad %	Gravedad específica (*)	No. de ensayos	Resistencia de la fibra en el límite proporcional		Módulo de Rotura		Módulo de Elasticidad		Factor de trabajo en el límite proporcional		Factor para la máxima carga de trabajo.	
						Esfuerzo lbs/pul2	Ar/Ab %	Esfuerzo lbs/pul2	Ar/Ab %	Vr. 1.000 lbs/pul2	Ar/Ab %	Vr. pul-lb por pul3	Ar/Ab %	Vr. pul-lb por pul3	Ar/Ab %
Bambusa vulgaris	I	Ab	9.3	0,62	8	10.810		19.830		2.078		3,16		34.53	
	I	Ar	9,4	,61	8	11.810	109	20.230	102	2.078	100	3,77	119	27.45	80
	Promedio		9,4	.62		11.310		20.030		2.078		3,46		30,99	
	N	Ab	9,5	.59	8	6.310		12.750		1.262		1,80		20,01	
	N	Ar	9,5	.60	8	8.800	140	14.100	111	1.423	113	3,13	174	17,44	87
	Promedio		9,5	.60		7.550		13.430		1.342		2,46		18,72	
	Relación(**) (N/I) %		101	97		67		65		65		71		60	
Bambusa arundinacea	I	Ab	9,7	.52	5	6.850		12.530		1.515		1,77		25,94	
	I	Ar	9,5	.50	5	6.700	98	11.580	92	1.332	88	1,91	108	14,57	56
	Promedio		9,6	.51		6.780		12.050		1.424		1,84		20,26	
	N	Ab	9,0	.48	1	3.140		7.800		1.017		,54		12,04	
	N	Ar	9,4	.48	1	4.040	129	7.440	95	718	71	1,26	233	13,51	112
	Promedio		9,2	.48		3.590		7.620		868		,90		12,78	
	Relación(**) (N/I) %		98	92		60		71		58		49		63	
Bambusa tulda	I	Ab	9,2	.66	4	11.230		18.900		1.979		3,56		50,53	
	I	Ar	9,8	.62	4	11.430	102	19.070	101	1.877	95	3,90	110	32,02	63
	Promedio		9,5	.64		11.330		18.990		1.928		3,73		41,28	
	N	Ab	9,7	.62	4	8.650		14.910		1.686		2,50		18,28	
	N	Ar	9,9	.66	4	11.080	128	17.320	116	1.817	108	3,80	152	20,00	109
	Promedio		9,8	.64		9.860		16.110		1.752		3,15		19,14	
	Relación(**) (N/I) %		104	100		87		85		91		84		46	
Dendrocalamus strictus	I	Ab	10,1	.57	4	6.600		12.830		1.276		1,98		40,47	
	I	Ar	9,9	.62	4	9.890	150	17.920	140	1.608	126	3,40	172	33,92	84
	Promedio		10,0	.60		8.240		15.370		1.442		2,69		37,20	
	N	Ab	10,2	54	4	4.330		8.900		900		1,18		13,50	
	N	Ar	10,0	.56	4	4.750	110	8.950	101	902	100	1,42	120	10,86	80
	Promedio		10,1	.55		4.540		8.920		901		1,30		12,18	
	Relación(**) (N/I) %		101	92		55		58		62		48		33	

* Basada en peso y volumen una vez secada en estufa.

** Relación N/1 basada en especímenes iguales.

TABLA. 2.2.5.4 **Resultado de los ensayos de compresión paralela a la fibra de tallos y tablillas secadas al aire, de bambúes cultivados en Puerto Rico. (Con un contenido de humedad del 10%).**

Especies	*Tallos de sección circular*						*Tablillas de sección rectangular*					
	(I) Internudo o (N) Nudo incluído	Gravedad específica (*)	No. de ensayos	Esfuerzo de la fibra en límite de elasticidad lbs/pul2	Resistencia máxima al aplastamiento lbs/pul2	Módulo de elasticidad 1.000 lbs/pul2	No. de ensayos	Gravedad específica (**)	Esfuerzo de la fibra en el límite proporcional lbs/pul2	Módulo de elasticidad 1.000 lbs/pul2	Máxima resistencia al aplastamiento. Relación Tallo/Tablilla lbs/pulg²	%
Bambusa vulgaris	I	0.70	13	5.230	8.300	2.162	17	0.68			9.120	91
	N	.67	15	5.200	8.280	2.201	8	.64			6.870	121
Relación promedio(***) N/I	%	97		91	100	101		.95			76	
Bambusa arundinacea	I	.60	8	2.810	5.570	1.763	8	.51	2.110	1.485	5.500	101
	N	.61	8	2.840	5.420	1.698	2	.50			3.580	151
Relación promedio *** N/I	%	102		105	96	99		84			53	
Bambusa tulda	I	.78	18	6.950	10.290	3.218	8	.76			10.790	95
	N	.71	18	6.890	9.910	3.385	4	.84			9.060	110
Relación promedia *** N/I	%	92		107	96	111		112			88	
Dendrocalamus strictus	I	.62	13	4.980	7.680	2.210	8	.57	3.360	1.515	6.700	115
	N	.66	14	4.660	7.520	2.220	4	.56	1.740	986	5.310	142
Relación promedio *** N/I	%	106		93	98	100		98	104	79	80	

* Basado en peso y volumen una vez seco.

** Basado en peso, una vez seco y en el volumen existente en el momento de efectuar el ensayo.

*** Porcentaje de la relación promedia basada en *especímenes iguales*.

TABLA. 2.2.5.5 **Resistencia a la tensión paralela a la fibra de tablillas obtenidas de bambúes cultivados en Puerto Rico.**

Especies		No. de ensayos	Gravedad específica *	Esfuerzo en el límite proporcional lbs/pulg2	Resistencia final. lbs/pulg2	Módulo de elasticidad. lbs/pulg2.
Tablillas del Entrenudo						
Bambusa vulgaris	Promedio	8	0.70	15.160	26.130	1.865
	Mínimo		.48	5.970	14.940	1.030
	Máximo		.89	28.230	39.000	2.913
Bambusa arundinacea	Promedio	8	.54	8.170	14.760	1.210
	Mínimo		.43	5.640	8.000	601
	Máximo		.68	11.440	30.020	1.870
Bambusa tulda	Promedio	8	.77	26.940	32.980	2.712
	Mínimo		.56	18.400	11.780	1.260
	Máximo		.99	32.900	58.000	5.190
Dendrocalamus strictus	Promedio	4	.68	15.570	25.900	1.974
	Mínimo		.60	13.500	24.230	1.768
	Máximo		.73	17.630	28.360	2.257
Promedio para las 4 especies			.67	16.460	24.940	1.940
Tablillas con nudos, de igual longitud a las del entrenudo. (Control).						
Bambusa arundinacea	Control	2	.60	7.930	23.390	1.550
	con nudo	1	.56	4.220	8.280	761
Relación (%)**			93	53	35	49
Bambusa tulda	Control	4	.90	26.940	44.980	3.710
	con nudo	3	.78	14.920	17.360	2.710
Relación (%)**			88	55	39	73

* Basada en peso y volumen secos.

** Relación de especímenes de la zona del nudo con otros del entrenudo.

TABLA. 2.2.5.6 **Comparación de los valores de tablillas de entrenudos obtenidas de tallos secos al aire, de 4 especies de bambú, ensayados a flexión estática y máxima resistencia al aplastamiento en compresión longitudinal. (relación de tallos a tablillas en %).**

Especies	Gravedad específica	Resistencia a la fibra en el límite proporcional	Módulo de rotura	Módulo de elasticidad	Factor de trabajo en límite proporc.	Factor para máxima carga de trabajo	Máxima resistencia al aplastamiento
Bambusa vulgaris	113	82	87	109	76	61	91
Bambusa arundinacea	114	111	109	121	116	76	101
Bambusa tulda	123	117	94	145	114	33	95
Dendrocalamus strictus	103	176	159	176	148	97	115
Promedio	113	121	112	138	114	67	101

TABLA. 2.2.5.7 **Promedio de los resultados de ensayos a flexión estática de tablillas de bambú correspondientes a los entrenudos de la parte basal, intermedia y superior de un tallo de Bambusa tuldoides y de Bambusa guadua. (Guadua angustifolia).**

Posición en el Tallo	No. de ensayos	Contenido de humedad %	Gravedad específica *	Posición de la capa externa Ar.-Arriba Ab.-Abajo	Resistencia de la fibra en el límite proporcional		Módulo de Rotura		Módulo de elasticidad		Factor para máxima carga de trabajo	
					Esfuerzo lbs/pulg²	Relación Ar/Ab %	Esfuerzo lbs/pulg²	Relación Ar/Ab %	Valor 1.000 lbs/pulg²	Relación Ar/Ab %	Valor pulg-lb. por pul3	Relación Ar/Ab %
BAMBUSA TULDOIDES - UN TALLO												
Corte basal	4	11.0	0.85	Ar.	16.470	172	24.890	114	2.402	107	37.83	49
	4	10.6	.84	Ab.	9.550		21.900		2.252		77.32	
Corte intermedio	4	11.7	.79	Ar.	13.580	156	23.720	134	2.168	108	36.46	65
	4	11.5	.80	Ab.	8.630		17.700		2.006		56.14	
Corte superior	4	11.0	.85	Ar.	13.680	133	26.400	125	2.646	111	41.11	72
	4	11.0	.84	Ab.	10.260		21.050		2.381		57.23	
Promedio.	12	11.2	.83	Ar.	14.580	154	25.000	124	2.405	109	38.47	61
	12	11.0	.83	Ab.	9.480		20.220		2.213		63.56	
GUADUA ANGUSTIFOLIA - UN TALLO												
Corte basal	6	10.3	.80	Ar.	14.470	159	21.620	126	2.588	106	24.60	73
	6	10.4	.80	Ab.	9.080		17.110		2.450		33.66	
Corte intermedio	6	10.7	.86	Ar.	15.880	168	24.260	116	2.783	113	33.30	78
	6	10.5	.85	Ab.	9.430		20.920		2.456		42.84	
Corte superior	6	10.2	.79	Ar.	14.540	204	21.730	120	2.410	108	31.54	72
	6	10.0	.78	Ab.	7.120		18.080		2.237		43.66	
Promedio	18	10.4	.83	Ar.	14.960	175	22.540	121	2.594	109	29.81	74
	18	10.3	.82	Ab.	8.540		18.700		2.381		40.05	

* Basado en peso y volumen una vez seco.

2.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL EMPLEO DEL BAMBU EN CONSTRUCCION

El empleo del bambú como elemento estructural, en comparación con la madera, presenta en algunos casos grandes ventajas, y en igual proporción son sus desventajas, la mayoría de las cuales son comunes tanto para el bambú como para la madera.

2.3.1 VENTAJAS

1. Por lo general, el bambú está dotado de extraordinarias características físicas, que permiten su empleo en todo tipo de miembros estructurales, que incluye desde cables para puentes colgantes y estructuras rígidas hasta las modernas estructuras geodésicas y laminadas.
2. Su forma circular y su sección, por lo general hueca, lo hacen un material liviano, fácil de transportar y de almacenar, lo cual permite la construcción rápida de estructuras temporales o permanentes.
3. En cada uno de los nudos del bambú existe un tabique o pared transversal que además de hacerlo más rígido y elástico evita su ruptura al curvarse. Por esta característica es un material apropiado para construcciones antisísmicas.
4. La constitución de las fibras de las paredes del bambú, permite que pueda ser cortado transversal o longitudinalmente en piezas de cualquier longitud, empleando herramientas manuales sencillas, tales como un machete.
5. La superficie natural del bambú es lisa, limpia, de color atractivo y no requiere ser pintada, raspada o pulida.
6. Los bambúes no tienen corteza o partes que puedan considerarse como desperdicio.
7. Además de usarse como elemento estructural, el bambú puede tener otras formas de empleo en la construcción, tales como en tuberías para el transporte de agua, y en pequeñas secciones para drenaje, etc.
8. El bambú puede emplearse en combinación con todo tipo de materiales de construcción, incluso con el concreto, como elemento de refuerzo.
9. Del bambú pueden obtenerse diversos materiales para enchapes, tales como esteras, paneles contrachapeados y otros.
10. El bambú continúa siendo el material de construcción de más bajo precio.

2.3.2 DESVENTAJAS

1. El bambú en contacto permanente con la humedad del suelo se pudre y es atacado por termitas y otros insectos. Por ello no debe utilizarse como cimiento, enterrándose, a no ser que se trate previamente.
2. El bambú una vez cortado es atacado por insectos, tales como el *Dinoderus minutus* que construye grandes galerías en su pared debilitándolo. Por esta razón, debe someterse inmediatamente después de cortado, a un tratamiento de curado y secado.
3. El bambú es un material altamente combustible cuando está seco; por ello debe recubrirse con una sustancia o material a prueba de fuego.
4. El bambú cuando envejece pierde su resistencia, si no se trata apropiadamente.
5. El bambú no tiene un diámetro igual en toda su longitud; tampoco es constante el espesor de la pared, por lo tanto, algunas veces presenta dificultades en la construcción.
6. El bambú al secarse se contrae y su diámetro se reduce. Esto implica algunos problemas en la construcción, particularmente cuando se emplea como refuerzo en el concreto.
7. Las uniones de miembros estructurales no pueden hacerse a base de empalmes, como en la madera, lo cual conlleva dificultades en la construcción.
8. El bambú debido a su tendencia a rajarse no debe clavarse con puntillas o clavos que generalmente se emplean en la madera.

Muchas de las desventajas anotadas anteriormente pueden ser superadas con la aplicación de preservativos apropiados, con un buen diseño estructural y siguiendo las normas apropiadas para la preparación y aplicación del material que se indican más adelante

2.4 TRATAMIENTOS DE CONSERVACION

El bambú como la madera, una vez cortado se altera, se pudre, y finalmente se reduce a polvo, por la influencia de los agentes atmosféricos, los cambios de humedad y la acción de organismos vegetales o animales. Debido a ésto, el bambú se conservará tanto más cuanto se obtenga que todos estos elementos nocivos no se desarrollen y propaguen, y ello se logra sometiéndolo a un tratamiento de conservación desde el momento de ser cortado hasta su utilización final en construcción o en artesanía; el cual consiste en la aplicación continuada de una serie de cuidados y de tratamientos físicos y químicos como son:

1. Corte del tallo según su edad o grado de sazonamiento, lo cual determina la mayor o menor resistencia física del bambú como la mayor o menor dureza del mismo.
2. Curado del bambú.
3. Secado del bambú.
4. Tratamiento con preservativos contra hongos e insectos.
5. Tratamiento con resinas sintéticas, para el mejoramiento de sus propiedades físicas.

2.4.1 CORTE DEL TALLO SEGUN SU EDAD O GRADO DE SAZONAMIENTO

La preparación del bambú se inicia con el corte apropiado del tallo teniendo en cuenta su edad o grado de sazonamiento, del cual depende tanto su resistencia física como su grado de dureza.

Como se explica en la parte correspondiente al Cultivo, la duración del proceso de crecimiento del tallo desde el momento en que brota del suelo hasta cuando adquiere su máximo crecimiento, varía de acuerdo con la especie, entre 80 y 110 días, después de los cuales el tallo no aumenta en altura ni en diámetro. Durante esta etapa de crecimiento la pared del tallo es muy blanda, su resistencia es muy baja y contiene un promedio de 95% de agua. Terminado el crecimiento del tallo, se inicia el período de madurez o de sazón durante el cual el tallo se va fortaleciendo rápidamente hasta adquirir su madurez y máxima resistencia entre los 3 y los 6 años de edad. Pasado este período su resistencia comienza a disminuir lentamente; su color se va tornando blanco, hasta secarse.

La variación ascendente de las características físicas o mecánicas que se presentan en el bambú, a medida que transcurre su sazonamiento, es aprovechada en la fabricación de gran cantidad de productos, cuya utilización final y grado de dureza requeridos para elaborarlos, determinan el tiempo de sazonamiento o madurez que debe tener el bambú para emplearlo industrialmente. Así tenemos que el bambú entre 1 y 3 años se emplea en la fabricación de pulpa para papel, debido a que su pared es relativamente blanda, lo cual hace el proceso de obtención de la celulosa más fácil y económico. Bambú de igual edad se emplea tanto en la fabricación de ciertos productos artesanales cuya elaboración requiere que el material sea muy manejable, no siendo tan importante su resistencia final, por ejemplo, bandejas tejidas para pan o tejidos de ciertos tipos de canastos.

El bambú de 3 años se emplea en obras artesanales cuyo uso final requiere una mayor resistencia y cierto grado de manejabilidad, tales como esteras y fabricación de paneles contrachapeados, etc.

El bambú de 3 a 6 años se emplea en elementos que requieren mayor resistencia a la flexión, tensión, compresión y desgaste, como en miembros estructurales y en la fabricación de cables para puentes. Esta teoría de que el bambú adquiere su máxima resistencia entre los 3 y los 6 años de edad, ha sido comprobada experimentalmente en la India y Japón y en ella se basan tanto

para utilizar el bambú en la construcción como para la elaboración de ciertas obras artesanales. Sin embargo Glenn (36) en los ensayos físicos que realizó en diversas especies de bambú encontró que algunas especies aún no sazonadas tenían una resistencia igual o superior a las sazonadas.

2.4.1.1 Normas para el corte.

Se ha comprobado que el bambú no sazonado, o sea menor de 3 años, una vez cortado es más propenso al ataque de los insectos que el sazonado; por ello es recomendable en cualquiera de los casos cortar el bambú en la época de invierno cuando los insectos se encuentran en hibernación.

Los tallos deben cortarse a una altura entre 15 y 30 centímetros sobre el nivel del suelo y en la zona localizada inmediatamente encima del nudo, en tal forma que el agua de las lluvias no se deposite en éste, pudriéndolo, y pueda afectar luego el rizoma. El corte debe hacerse utilizando sierras o machetes limpios; en ningún caso se recomienda el empleo de hachas.

2.4.2 CURADO DEL BAMBU

Inmediatamente después de que los tallos de bambú se cortan de la mata, deben someterse a un tratamiento de curado con el fin de hacerlos menos propensos al ataque de insectos como el *Dinoderus minutus*, o "escarabajo del bambú", que es atraído por los almidones o glucosas que contiene la savia del bambú. Según observaciones realizadas por Plank (16) en Puerto Rico, existe cierta correlación definida entre la susceptibilidad a la invasión de los insectos xilófagos, el contenido de almidón y la humedad de la madera de los tallos; que varían con las especies y la edad de los tallos; por lo tanto la expulsión de la savia o la reducción del almidón, tiende a disminuir la posibilidad de ataque por los insectos xilófagos y ello puede hacerse mediante un curado apropiado, en una de las siguientes formas.

2.4.2.1 Curado en la Mata

Consiste en colocar los tallos una vez cortados, recostados lo más verticalmente posible contra los tallos no cortados, sin remover ni las ramas ni las hojas, aislándolos del suelo, colocándolos sobre piedras o soportes. En esta posición deben permanecer de 4 a 8 semanas de acuerdo a las condiciones del tiempo. Este sistema es el más recomendado pues los tallos conservan su color natural, no se rajan y no son atacados por los hongos. En los experimentos realizados en 1940 en Puerto Rico, una parte de tallos de *Bambusa vulgaris* cortados en tiempo propicio fue tratado en la mata y otra parte se dejó sin tratar. Los tallos tratados en la mata se infestaron un 91.6% menos que los no tratados.

2.4.2.2 Curado por Inmersión

Este sistema fue el más empleado por los orientales durante muchas generaciones; consiste en sumergir los tallos en agua por un tiempo no menor de 4 semanas. En experimentos de curado por inmersión realizados en Puerto Rico, en 1937 y posteriormente por White, Cobin y Robles (44) se obtuvieron los resultados que se resumen a continuación.

1. Tallos de *Bambusa vulgaris* Schrad. ex Wendl. de un año y menores de un año, que presentaban alta suceptibilidad al ataque del insecto, se sumergieron en agua por períodos de 4, 6 y 8 semanas. Como resultado se obtuvo que, los que recibieron tratamiento más prolongado se volvieron más tarde livianos y quebradizos. Por otra parte los ataques del *Dinoderus minutus* fueron inversamente proporcionales al período de inmersión en agua.
2. Tallos de *Bambusa tuldoides* de uno hasta tres y medio años, fueron sometidos a tratamientos de curado por inmersión durante 130, 161 y 192 días; al mismo tiempo otros tallos

fueron curados en la mata durante 28 días después de lo cual fueron chequeados durante 6 meses; obteniéndose los siguientes resultados. Los tallos menos atacados fueron los curados en la mata. La actividad del insecto fue mayor en las secciones basales o inferiores que en las más altas. La inmersión de los tallos en agua produjo la aparición de manchas hasta el extremo de que no podían ser utilizados cuando se necesitaba un buen acabado; en cambio el curado en la mata produjo tallos más limpios y suaves con su color natural. Se presentaron rajaduras en los nudos de muchos de los tallos que permanecieron sumergidos, mientras que en los curados en la mata no tenían indicio alguno de rajaduras.

2.4.2.3 Curado por Calentamiento.

Este sistema consiste en colocar el tallo después de cortado sobre fuego abierto rotándolo, sin quemarlo; con ello se logra matar cualquier insecto que se encuentre en su interior. Por otra parte el fuego endurece la pared exterior haciéndola menos propicia al ataque de los insectos. Este sistema también se emplea tanto para secar como para enderezar los tallos torcidos. - Ver secado sobre fuego abierto.

2.4.3 SECADO DEL BAMBU.

Los tallos vivos de bambú como los árboles, contienen una cantidad considerable de humedad, la que se conoce comunmente con el nombre de "savia". Ella es la conductora de los alimentos de la planta obtenidos del suelo por medio de los rizomas y es indispensable en la etapa de crecimiento y en la vida del bambú. Cuando el bambú se va a utilizar en obras artesanales o en la fabricación de materiales especiales para la construcción, que van a estar expuestos a diversos factores físicos y climatéricos, debe someterse previamente a un secado, entre otras, por las siguientes razones:

1. El bambú se contrae con la pérdida de humedad y se dilata cuando ésta aumenta. Para reducir al mínimo los cambios de dimensión del bambú se le debe secar, aproximándose al contenido de humedad que tendrá cuando esté en uso, o sea entre el 10 y el 15%.
2. El secado disminuye el peso del bambú y por lo tanto su costo de transporte.
3. Los organismos que ocasionan pudrición y manchas, normalmente no viven en el bambú cuando su contenido de humedad está por debajo del 15%.
4. Las propiedades de resistencia del bambú se aumentan, cuando se seca a un contenido de humedad bajo. Uno de los objetos del secado es el de obtener un mejoramiento de sus propiedades mecánicas.
5. Los pegantes actúan mejor en piezas secas de bambú.
6. Los bambúes que se han de tratar con preservativos, generalmente deben estar secos, para lograr la penetración apropiada y obtener una mayor efectividad.
7. El terminado de piezas de bambú seco es mucho mejor y más fácil que cuando contienen humedad.

2.4.3.1 Determinación del Contenido de Humedad.

El contenido de humedad del bambú como el de la madera se expresa como un porcentaje de su peso seco al horno. Cuando se dice que una pieza de bambú tiene un contenido de humedad del 12%, significa que el peso del agua en esa pieza es igual al 12% del peso seco al horno de esa misma pieza. La fórmula para determinar el contenido de humedad de una muestra de bambú es similar a la de la madera.

$$H = \frac{P - S}{S} \; 100$$

donde:

H = contenido de humedad como un porcentaje del peso seco.
P = peso de la muestra en el momento de la prueba.
S = peso de la muestra secada al horno.

El procedimiento empleado para determinar el contenido de humedad de una pieza de bambú es el siguiente:

1. Córtese una muestra de la pared del internudo del bambú.
2. Pésese la muestra para conocer su peso inicial.
3. Colóquese la muestra en el horno manteniendo una temperatura constante de más o menos 100°C.
4. Déjese que la muestra permanezca en el horno hasta que alcance un peso constante
5. Sáquese la muestra del horno y pésese para obtener el peso seco S.
6. Calcúlese el contenido de humedad utilizando la fórmula arriba anotada.

El contenido de humedad en los bambúes inmaduros es casi igual en las diversas partes del tallo, pero es variable en los maduros, por ello cuando se va a determinar el contenido de humedad de un bambú, antes de ser secado se deben tomar muestras de la parte inferior, intermedia y superior del tallo.

2.4.3.2 Uso de Medidores Eléctricos para determinar la Humedad del Bambú.

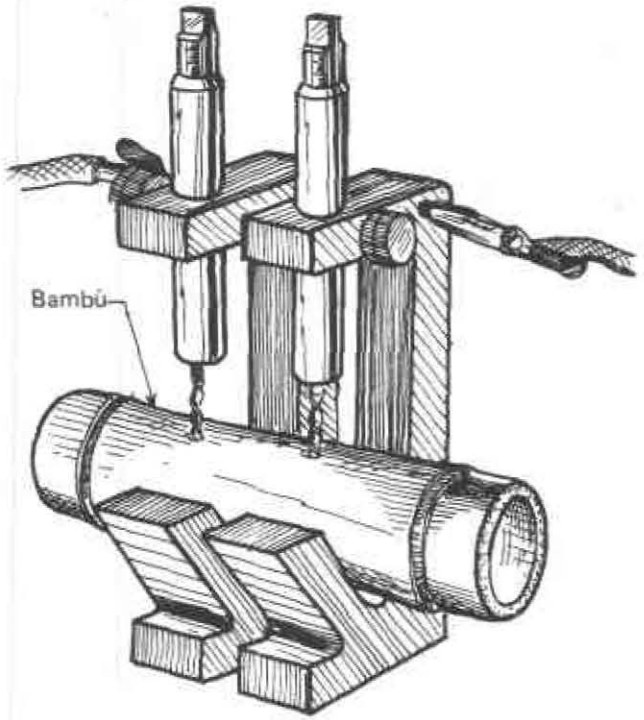
En las industrias madereras se emplean medidores eléctricos para determinar aproximadamente el contenido de humedad de las maderas, cuando no se dispone del tiempo necesario para hacer la prueba en el horno o cuando no se requiere una medida muy exacta.

Estos medidores eléctricos están basados en las relaciones que existen entre las propiedades eléctricas de la madera y su contenido de humedad. Los medidores se clasifican de acuerdo con la propiedad eléctrica que ellos miden: resistencia eléctrica, potencial eléctrico y factor de energía.

Según Kishen y Kukreti (45), los medidores eléctricos comunmente empleados en la madera pueden ser utilizados para medir el contenido de humedad del bambú con algunas modificaciones, ya que de lo contrario se presentan los siguientes problemas:

1. La mayoría de los medidores eléctricos sólo miden hasta un contenido de humedad comprendido entre el 22% y el 30%, no prestando ningún servicio en el bambú que por lo general tiene un mayor contenido de humedad.
2. En los medidores eléctricos por lo general los electrodos están montados en la misma manija, cada uno de ellos tiene agujas de acero de 1/4" a 1/3", separadas 3/8". La distancia entre los electrodos es de 1" a 1¼ ".
   Como el bambú tiene la tendencia a rajarse, al clavar las agujas que están muy próximas entre sí, fácilmente se raja; en este caso no habría un buen contacto entre las agujas y el bambú, y por consiguiente la lectura resultaría errada.
3. Cuando se clavan las agujas en ciertos bambúes, éstas quedan tan fuertemente aprisionadas, que muchas veces al tratar de sacarlas con ayuda de alicates, se quiebran fácilmente.
4. Los medidores eléctricos han sido diseñados para la determinación del contenido de humedad de piezas hasta de 1" de espesor. En el bambú el espesor de la pared no sólo varía de un tallo a otro sino en el mismo tallo. Tratando de superar estas dificultades, Kishen y Kukreti diseñaron experimentalmente en el Forest Research Institute, Dehra Dun, India, un instrumento con electrodos de taladro para determinar el contenido de humedad en el bambú, con el cual se obtuvo resultados satisfactorios.

El instrumento está formado por dos marcos metálicos cada uno de los cuales tiene en su parte superior una broca de 3/32" de diámetro que presta la misma función que las agujas de los electrodos en los medidores eléctricos de humedad. La separación de las 2 brocas es de 1¼", equivalente a la distancia entre las agujas de los medidores. La broca está sostenida por un tornillo que tiene graduaciones a todo lo largo para determinar profundidad de penetración de la broca en el



Instrumento con electrodos de taladro para determinar el contenido de humedad del bambú.

bambú. La broca se hace girar manualmente por medio de una tuerca de mariposa colocada en su extremo superior. Los electrodos de la broca se conectan a un medidor de humedad a través de terminales de conexión. En la parte inferior del marco, que tiene forma en "V", se colocan las secciones de bambú de 6" (15 cms.) de longitud pintadas en sus extremos con aceite para prevenir el secado.

El medidor de humedad utilizado para esta investigación fue el Tag Moisturonic Wood Meter Model No. 8008 de la Weston Electrical Instrument Corporation, Newark, New Jersey, que puede graduarse para obtener contenidos de humedad entre 7 y 150%. En los experimentos se utilizaron varias especies de bambúes, entre ellas el *Dendrocalamus strictus*. Los resultados fueron satisfactorios; sin embargo, el contenido de humedad, en algunas partes de especies inmaduras, obtenidos por este sistema, resultaron considerablemente menores que los obtenidos en el horno.

2.4.3.3. Factores que Afectan el Secado del Bambú.

Son muy pocos los estudios detallados que se han realizado hasta el presente sobre el secado de los tallos de bambú. Aún no se ha logrado establecer una clasificación de los bambúes en categorías definidas desde el punto de vista del secado, por ser este proceso demasiado complicado, debido a la diversidad de factores que lo afectan, tales como:

1. Tipo de la especie.
2. Condiciones de secado.
3. Posición del tarugo con relación al tallo total.
4. Espesor de la pared del tallo.
5. Grado de madurez del tallo.

Todas las especies tienen características diferentes de secado; algunas necesitan de más tiempo que otras, debido no sólo al espesor de la pared sino también a que el contenido de humedad es casi igual en todas las partes de los tallos inmaduros; sin embargo, en los tallos maduros el contenido de humedad decrece con la altura del tallo.

En los experimentos realizados por Rehman e Ishaq, en el Forest Research Institute, Dehra Dun, India, se obtuvieron los siguientes contenidos de humedad en diferentes partes del tallo de especies maduras:

	Base	Centro	Ext. Sup.
Bambusa nutans	72.7	56.5	47.2
Bambusa arundinacea	89.1	86.4	76.6
Dendrocalamus hamiltonii	90.2	70.7	48.2
Dendrocalamus strictus	72.5	68.1	58.5

La porción de la base del tallo demora más tiempo para el secado que la superior. Los tallos inmaduros, que tienen mayor contenido de humedad, exigen más tiempo para el secado, sin embargo, su secado es más rápido que el de los tallos maduros; esto se debe a que la estructura de las paredes es diferente.

Los tallos inmaduros de paredes delgadas, (cuyo espesor es menos de 0.75 cms.) se deforman invariablemente durante el secado y sus paredes tratan de aplastarse. Los tallos maduros con paredes de espesores superiores a 1,25 cms. tienen la tendencia a presentar fisuras en la superficie, particularmente cuando las condiciones de secado son severas. Los tallos maduros e inmaduros con paredes de espesores entre 0,75 y 1,25 cms. pueden secarse sin que sufran daños.

2.4.3.4 Métodos de Secado.

El bambú después de curado, puede ser secado en tres formas diferentes que se denominan: secado al aire, secado en estufa y secado sobre fuego abierto.

a. Secado al Aire.

El secado al aire se realiza colocando o apilando los tallos de bambú horizontalmente bajo cubierta, expuestos a una atmósfera secante pero protegidos del sol y de la lluvia. El apilamiento de los tallos puede hacerse en dos formas:

1. Colocándolos por capas paralelamente en una dirección, aislando una capa de la otra por un separador de madera o de bambú, colocados a una distancia máxima horizontal de 1,50. La distancia horizontal entre 2 tallos de bambú, debe ser por lo menos de medio diámetro. Este sistema se emplea cuando se trata de secar bambúes de igual longitud en un galpón con un largo un poco mayor que el de los tallos pero de un ancho menor.
2. En galpones que sean igualmente anchos que largos o de una dimensión un poco mayor que la longitud de los tallos que se van a secar, éstos pueden colocarse en capas continuas perpendiculares entre si o sea que en lugar de los separadores se coloca una capa de tallos separados también entre si medio diámetro.

El contenido de humedad que conservan los tallos apilados después en un promedio de dos meses de estar secándose al aire, depende del contenido de humedad en equilibrio de la atmósfera, que puede ser variable de una región a otra.

En el secado al aire no es posible controlar la temperatura, la humedad relativa y la circulación del aire, factores que sólo pueden controlarse en el secado en estufa; aunque es posible ejercer cierto control sobre la velocidad del secado y los defectos que estos puedan producir, por medio de una buena localización del galpón de secado dentro del área que se disponga. La localización del galpón o zona de secado en un terreno elevado permite que se tomen las mejores ventajas de los vientos. De ser posible la zona de secado no debe estar próxima a edificios, árboles o alguna otra barrera que disminuya su exposición al viento. No es conveniente localizar la zona de secado cerca de un depósito grande de agua, en donde la tierra continuamente está mojada o donde el aire permanezca estancado y húmedo.

b. Secado en Estufa.

El secado de bambú en estufa se hace utilizando las comunmente empleadas en el secado de la madera aserrada; con cámaras de metal o de ladrillo y concreto, equipadas de tal manera que se pueda ejercer cierto grado de control sobre la temperatura, la humedad relativa y la velocidad del aire en contacto con el bambú. Las estufas se clasifican según el método de carga y la forma de circulación de aire.

En el primer caso se clasifican en tipo progresivo si los carros cargados con madera o bambú se introducen por un extremo y se sacan por el otro una vez completado el período de secado; o en tipo compartimento si no dispone de carros móviles, siendo necesario construir las pilas de madera o bambú dentro de la cámara.

Según la forma de circulación de aire, las estufas se clasifican en estufas de circulación natural o de circulación forzada. En las estufas de circulación natural el movimiento del aire se hace por los medios naturales debido a que el aire caliente se eleva y el aire frío desciende, es posible obtener la circulación del aire a través de la carga por el mantenimiento de una diferencia de temperatura entre la parte alta y la base de la estufa.

En las estufas de ventilación forzada, el movimiento del aire se efectúa por medio de ventiladores que lo hacen circular a través de la carga.

Este sistema es mucho más rápido que el secado al aire, pero mucho más costoso, debido a las instalaciones y equipos que se necesitan; sin embargo, puede justificarse ampliamente, si el secado se hace a gran escala.

c. Secado sobre Fuego Abierto.

Este es uno de los métodos más comunes de secado que se emplea en el oriente, en donde además se aprovecha para enderezar tallos torcidos.

Los tallos que se van a secar por este medio se colocan entre dos soportes a una altura aproximada de 45 a 50 cms. sobre el nivel del suelo. En su parte inferior y a todo lo largo del tallo se colocan carbones y maderas secas encendidas con una altura máxima de 15 cms. sobre el suelo. El calor que se aplique no debe ser muy intenso. Para que el bambú sea calentado uniformemente debe girarse constantemente. Con el fin de que el bambú no sufra serios daños durante el secado se recomienda secarlo primero al aire hasta que su contenido de humedad sea del 50%. Otro sistema consiste en hacer un hueco de 50 cms. de profundidad en el cual se coloca el fuego. Los bambúes se colocan apoyados sobre el borde. (Ver Artesanía).

En los experimentos realizados por Rehman e Ishaq (13), se utilizaron para secar por este método y en la forma expuesta anteriormente, tallos de 2.40 mts. de *Bambusa nutans* y *Dendrocalamus strictus.*

Durante el secado, algunas veces las llamas apenas tocaban la parte exterior de los bambúes, pero la

mayor parte del tiempo el fuego era latente y con humo. La humedad salía por los extremos en forma de agua y de vapor. Al final del tratamiento se observó que la mayor parte de los bambúes se habían agrietado y aplastado, probablemente, porque el calor no fue uniforme y por las severas condiciones de secado a que fueron sometidos los tallos. El contenido inicial de humedad de los tallos variaba entre el 70% y el 90% según el grado de madurez. A las 6 horas de secado, los tallos de paredes delgadas conservaban un contenido de humedad del 12% y los de paredes gruesas el 20%.

En un experimento que se hizo posteriormente y en condiciones menos severas, se obtuvo después de 36 horas de secamiento un contenido de humedad del 20%. En este caso no se presentaron deformaciones y el estado de los tallos fue muy satisfactorio; además, adquirieron un color café claro.

2.4.3.5 Defectos que se Presentan en el Secado.

Según Rehman e Ishaq (13), los defectos que se desarrollan en el bambú durante el secado se deben a dos causas principales:

1. Al mal estado del bambú que se va a secar.
2. A la excesiva contracción que sufre el material en el secado.

En general, la presencia de huecos, zonas defectuosas y los daños causados por el ataque de los insectos acrecientan los defectos originados por la contracción excesiva. Los bambúes se deterioran debido al agrietamiento o fisuras que se presentan en la superficie, a rajaduras en los extremos, colapso o aplastamiento, al encarrujado y a superficies deformadas y al ataque del *Dinoderus minutus* durante el secado al aire.

a. Agrietamiento en la Superficie.

Todas las especies de bambú son más o menos propensas al agrietamiento superficial durante el secado. Las grietas se originan siempre en los nudos y en las zonas deterioradas o dañadas. Grietas muy finas o fisuras, también aparecen en otros lugares durante la etapa inicial de secado pero por lo general se cierran posteriormente. A diferencia de la madera, las rajaduras en el bambú no pueden prevenirse siempre, con un secado moderado.

Por lo general las grietas o rajaduras en la superficie se presentan cuando los esfuerzos que se crean durante el secado exceden a la resistencia del bambú en tensión perpendicular de la fibra. Por otra parte cuando la pared se contrae en su espesor no tiene libertad para moverse hacia dentro, en la zona de los nudos como lo hace en los internudos, debido al diafragma de los nudos; por esta razón los agrietamientos se originan en los nudos.

b. Rajaduras

Esta forma de agrietamiento que no es tan común, se presenta en los extremos abiertos del bambú. La porción extrema que está unida a un nudo presenta el mismo tipo de agrietamiento por las causas que se explicaron en el item anterior.

c. Colapso.

El colapso se presenta en el bambu durante el proceso de secado tanto en estufa como al aire libre, causado por excesiva contracción que produce la ruptura longitudinal de la pared del bambú. El colapso produce una depresión en la superficie externa del bambú y una ancha rajadura interna.

La pared del bambú se contrae en su espesor mientras se seca. La longitud de la falla depende de la especie, del contenido inicial de humedad y de la madurez del bambú. Al contraerse la pared las capas externas formadas por fuertes haces fibrovasculares se comprimen, mientras que las partes blandas de las capas internas se ponen en tensión. A menudo las grietas que se presentan en la etapa inicial de secado se convierten luego en colapso.

Los bambúes inmaduros son más propensos al colapso que los maduros, debido a que sus paredes son menos fuertes. Generalmente se presenta en las porciones inferiores donde las paredes son más gruesas.

Los experimentos realizados para detectar si el vapor o la inmersión en agua podría prevenir las rajaduras y el colapso en los bambúes, no dieron resultados alentadores. Se ha observado que durante la estación lluviosa la deterioración del bambú en forma de rajadura y colapso es menor que durante los meses secos.

d. Deformaciones

La sección circular de los tallos de la mayoría de bambúes inmaduros se deforma con el secado adquiriendo formas oval u otras irregulares. Al mismo tiempo en los tallos de paredes gruesas, la superficie exterior deja de ser pareja, formando combas. A menudo se desarrollan rajaduras en la pared interior debajo de los surcos que se forman paralelos al eje. Algunas veces la deformación es tan grande que las paredes se doblan hacia adentro en los internudos, dando una apariencia cóncava a la zona de los internudos. Esto se nota particularmente en bambúes inmaduros.

e. **Cambios de color durante el Secado.**

Los bambúes recién cortados tienen por lo general un color verde profundo con ligeros tintes amarillos o azulosos según estén maduros o inmaduros. Durante el secado este color se transforma en verde claro. El color final depende hasta cierto punto de la madurez del bambú, como también del sistema de secado. Los bambúes maduros toman un color amarillo pálido y los inmaduros un color verde esmeralda. Los bambúes secados al aire tienen una apariencia más amarillenta que los secados en estufa. Los bambúes secados sobre fuego abierto se tornan de color café claro.

2.4.3.6 Experimentos de Secado al Aire y en Estufa.

Rehman e Ishaq (13) realizaron una serie de experimentos de secado al aire y en estufa, utilizando las siguientes especies: *Dendrocalamus membranaceus, Bambusa arundinacea, Bambusa nutans, Dendrocalamus hamiltonii, Bambusa tulda, Dendrocalamus strictus.* Algunos de los resultados más importantes se indican a continuación:

1. *Dendrocalamus membranaceus.*

Diámetro promedio, 15 cms, espesor de la pared variable entre 0.5 cms. y 1.5 cms. en la parte superior y algunas veces de 2 cms. en la parte inferior. Longitud de las secciones, 3 metros. Contenido promedio inicial de humedad 104.6% para tallos inmaduros y 52.4% para los maduros.

a. Secado al aire

Después de 40 días el contenido de humedad de los tallos inmaduros, con un espesor de las paredes entre 0.75 y 1.25 cms. era de 10.6% y de los de paredes mayores del 1.25, 30%. En los tallos maduros de un (1) cm. de espesor fue de 20%.

b. Secado en Estufa.

Bambúes inmaduros con espesores entre 0.75 y 1.25 cms., en 8 días el contenido de humedad bajó de 120% a 18% y los maduros de 72% a 10% en 5 días. Los bambúes maduros de paredes gruesas tomaron 2 semanas para llegar al 10% de humedad.
Esta especie es fácil de secar. Al principio aparecieron algunas fisuras que después se cerraron. Al final los bambúes inmaduros mostraron un ligero aplastamiento mientras que los maduros se rajaron ligeramente. Esta especie es de poco uso cuando se requiere resistencia.

2. *Bambusa arundinacea.*

Diámetro 10 cms., espesor de la pared, 1 cm, en algunos casos es de 2,5 cms. Longitud de las secciones, 3 metros. Contenido de humedad, 100% en tallos inmaduros y 70% en los maduros. Se perforaron las paredes de los nudos en algunas secciones para ver si había diferencia en el secado con secciones no perforadas.

a. Secado al aire.

Después de 70 días de secado el contenido de humedad fué:

Para bambúes con un espesor en las paredes de 0.75 cms. a 1,25, 11% y en las paredes gruesas del 15%. Estas especies tomaron 2 1/2 meses para un secado completo. No se observó una diferencia apreciable entre los bambúes perforados y los no perforados.

b. Secado en estufa.

Condiciones de la estufa: Durante los 3 primeros días, las temperaturas del bulbo seco y húmedo fueron de 40° - 35°C; durante la siguiente semana, 45° - 35°C y posteriormente hasta el final 50° - 32°C.
El contenido inicial de humedad de las secciones maduras, variaba entre 50% y 100% y de los inmaduros entre 100% y 120%. Espesor de la pared, 1.5 cms.
En 13 días el contenido de humedad fué del 10%. En los de espesor grueso, fué necesario un secado de una semana adicional para obtener el 14%. En el secado en estufa fué notoria la diferencia de secado entre los bambúes perforados y los no perforados. Las secciones de bambúes no perforados tardaron 4 días más en el secado que las perforadas, lo que demuestra que en secciones no perforadas hay una gran diferencia de contenido de humedad entre la parte interna y externa que en secciones perforadas. Todas las piezas soportaron perfectamente el secado y no mostraron aplastamiento o deformación alguna.
El secado de la *Bambusa arundinacea* no la degrada. En los bambúes maduros, el secado es lento; muy pocas fisuras se presentan. Los bambúes maduros son muy fuertes y pesados.

3. *Bambusa tulda.*

El experimento se realizó sólo con tallos maduros. Diámetro variable hasta 8 cms.

a. Secado al aire.

En 3 meses, secciones de un (1) cm. de espesor, secaron de un 90% a un 13% de contenido de humedad, debido en parte, al alto grado de humedad que había durante la estación lluviosa.

b. Secado en Estufa.

En 8 días el contenido de humedad varió de 80% a 10%.
Esta especie se degrada mucho con el secado, de modo especial cuando se hace en estufa.

4. *Dendrocalamus strictus.*

Comunmente las dimensiones del diámetro y del espesor de la pared es de 5 cms. y un (1) cm. respectivamente. Recien cortado, el tallo es de color verde azuloso pero con el secado se vuelve verde amarillento, o verde esmeralda, lo cual depende de si el tallo está maduro o inmaduro.

a. Secado al aire.

En 3 y 1/2 meses el contenido de humedad bajó a un 18% de un contenido inicial de 100% para tallos inmaduros y de 80% para tallos maduros.

b. Secado en Estufa.

Se necesitaron 9 días de secado para obtener un contenido de humedad de 12%. Estas especies pueden ser sometidas a severas condiciones de secado sin sufrir apreciables daños. Los tallos inmaduros muestran una excesiva contracción en los internudos deformándose.

2.4.4 TRATAMIENTO CON PRESERVATIVOS CONTRA INSECTOS Y HONGOS.

El tratamiento preservativo del bambú consiste en la aplicación apropiada de diversas sustancias químicas o preservativas, con el objeto de protegerlo del ataque de hongos e insectos xilófagos, así como de la putrefacción, cuando se emplea bajo tierra o en contacto permanente con la humedad o el agua, dándole por consiguiente mayor durabilidad. Los preservativos que se emplean deben tener las cualidades siguientes:

1. Que sean lo suficientemente activos para impedir la vida y desarrollo de microorganismos interiores y exteriores.
2. Que su composición no afecte los tejidos del bambú en tal forma que puedan sufrir modificaciones y disminuyan sus cualidades físicas.
3. Que sean solubles en agua, de tal manera que puedan utilizarse a diversos grados de concentración; pero su solubilidad no debe ser tal, que una vez inyectados sean lavados por la lluvia o la humedad.
4. Que en el momento de su empleo se encuentren en estado líquido, a fin de que impregnen fácilmente todas las partes del bambú.
5. Que no tengan olor fuerte y desagradable lo cual impedirá el empleo del bambú en el interior de las habitaciones.
6. Que no modifique el color del bambú, en particular el que va a ser empleado como elemento decorativo.

2.4.4.1 Sistemas de Aplicación de Productos Preservativos.

El tratamiento preservativo para que dé buenos resultados debe aplicarse en el bambú como en la madera, una vez que su contenido de humedad se ha reducido al 10 ó 15% por medio de un secado al aire o en estufa. Sin embargo, en casos especiales, cuando no se dispone de tiempo, el bambú una vez cortado puede tratarse sin curar y secar, pero los resultados por lo general son muy transitorios.

Para la aplicación de preservativos existen diversos sistemas que incluyen desde el empleo de modernos equipos de calderas y cámaras especiales de vacío y presión, que no se considera del caso tratar en este estudio, hasta los métodos más sencillos que a continuación se describen, que pueden ser tan eficaces como el primero, si se hacen correctamente y aplicando los preservativos que más adelante se indican.

a. Aprovechando la transpiración de las hojas.
b. Método Boucherie
c. A presión o método Boucherie modificado.
d. Por inmersión.
e. Por aplicación externa.

a. Tratamiento aprovechando la transpiración de las Hojas.

Este sistema se emplea en tallos recién cortados. Los tallos se cortan a una altura de 30 cms. sobre el nivel del suelo y se dejan intactos, es decir con la totalidad de ramas y hojas, recostados lo más verticalmente posible sobre otros tallos no cortados, en la misma forma como se hace el curado en la mata.

Una vez que ha dejado de salir savia por el extremo inferior, se coloca la base del tallo dentro de un recipiente que contiene el preservativo, que es chupado hacia arriba por la transpiración de las hojas.

b. Tratamiento por el Método Boucherie.

Este método ideado por Boucherie en 1.873 consiste en hacer penetrar por el extremo del bambú o de un trozo de madera, por presión hidrostática, sulfato de cobre o cualquier otro preservativo que empuja ante sí la savia ocupando su sitio. Este tratamiento se aplica en bambúes recién cortados cuya savia está todavía en movimiento.

Para aplicar este método se introduce en el extremo del tallo de bambú, al cual previamente se le han cortado las ramas y hojas, el extremo de un tubo de caucho o en su lugar una sección de un neumático usado de rueda de automóvil o camión. El tubo o neumático se llena con el preservativo después de lo cual se cierra su extremo superior. Una vez hecha esta operación el bambú se coloca verticalmente en tal forma que el preservativo colocado en su parte superior penetre a su interior por presión hidrostática. Es muy importante tener en cuenta que el extremo del bambú donde se va a colocar el tubo debe cortarse a ras del nudo. Por otra parte, para evitar que el preservativo salga por las zonas donde existieron ramas, éstas deben cubrirse con asfalto.

Cuando se utilizan grandes cantidades de preservativo el extremo libre del tubo o neumático puede conectarse a un depósito que se llena con el preservativo, colocado más alto para que el líquido pueda salir por gravedad. En este caso no es necesario colocar el bambú verticalmente, sino inclinado. La aplicación de este proceso puede tomar varios días según las dimensiones del bambú, por lo cual tiene poco o ningún uso a escala comercial.

Son muy pocos los datos que se tienen sobre los resultados obtenidos de la aplicación de este proceso en el bambú. En la India, durante la Segunda Guerra Mundial fueron tratados con el método Boucherie grandes cantidades de bambú verde para la Armada que debido a la urgencia no fueron secados previamente. Los resultados indicaron que para lograr una buena protección del bambú contra las termitas, hongos e insectos barrenadores es necesario aplicar este proceso durante 5 ó 6 días. Experimentos similares se realizaron en Puerto Rico utilizando sulfato de cobre.

En cuanto a su aplicación en la madera sí existen datos de los resultados obtenidos. Gäuman dice que en Suiza los postes de madera utilizados en las líneas de telégrafo fueron tratados por este método, utilizando sulfato de cobre, con excelentes resultados dando un promedio de vida de 22.5 años.

c. Tratamiento a Presión o Método Boucherie Modificado.

En 1953, Purushotham, Sudan y Sagar (49) realizaron en Forest Research Institute, Dehra Dun, India, una serie de experimentos con el objeto de simplificar el método Boucherie y hacerlo comercialmente aplicable al tratamiento a gran escala de bambúes en los bosques, reduciendo el período de tratamiento de varios días a unas pocas horas. Ello se logró utilizando de 10 a 15 libras de presión en el preservativo contenido

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

BIBLIOTECA AGROPECUARIA DE COLOMBIA

dentro de un recipiente cerrado en lugar de que este fluyera por gravedad. El aire a presión asegura una mayor y más rápida penetración y absorción del preservativo y por otra parte elimina el problema de colocar los bambúes verticalmente.

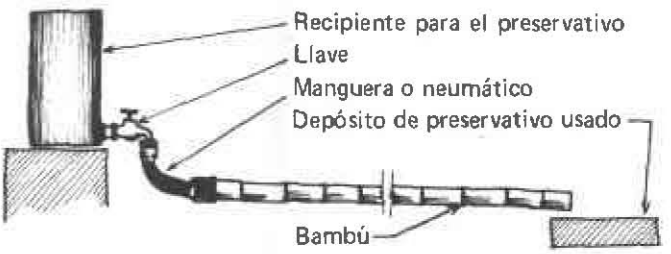
El método de tratamiento que se ilustra en cada una de las figuras, se aplica a bambúes de cualquier longitud que se unen al recipiente con preservativo por medio de un tubo o neumático. El recipiente debe ser un tanque metálico, hermético, de diferente capacidad. En la parte superior del tanque se coloca un medidor de presión y una válvula a la cual se conecta la manguera de aire que viene del compresor.

En la construcción del recipiente se pueden emplear elementos de uso común y bajo precio, por ejemplo, para el tratamiento de bambúes delgados, se emplea como depósito, un recipiente de 1 ó 2 litros que puede ser el tarro metálico en donde se guardan las bolas de tenis. En el fondo del tarro se suelda un pequeño tubo metálico de 1 pulgada de diámetro. En la parte superior se suelda una pletina metálica a la cual se fija una válvula de bicicleta y un indicador o medidor de presión. Posteriormente se fija al tubo metálico inferior un tubo de caucho que sirve para conectar el extremo del bambú al depósito. Las conexiones del tubo de caucho con el depósito y el bambú, pueden hacerse enrollando fuertemente apretado un alambre galvanizado, retorciendo las puntas con un alicate.

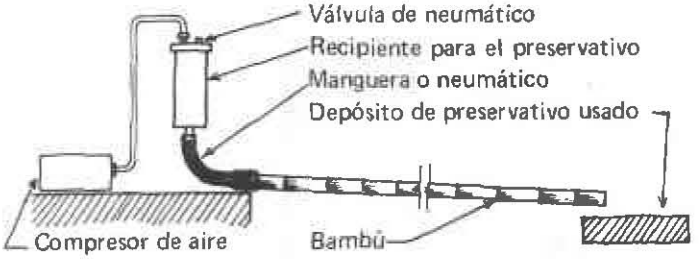
Una vez empalmado el bambú, se saca el medidor de presión y se introduce el preservativo por el lugar que ocupaba el medidor hasta llenar las 3/4 partes de la capacidad del depósito. El llenado se facilita removiendo también la válvula. Luego se colocan de nuevo la válvula y el medidor y se introducen de 10 a 15 libras de aire.

En la mayoría de los casos, pasados dos o tres minutos después de introducir el aire, comienzan a salir gotas de savia por el extremo opuesto. Después de cinco minutos el preservativo comienza a salir mezclado con savia y su color se va haciendo más oscuro a medida que el preservativo sale. El tratamiento se completa cuando la concentración del color del líquido que sale es igual a la del depósito.

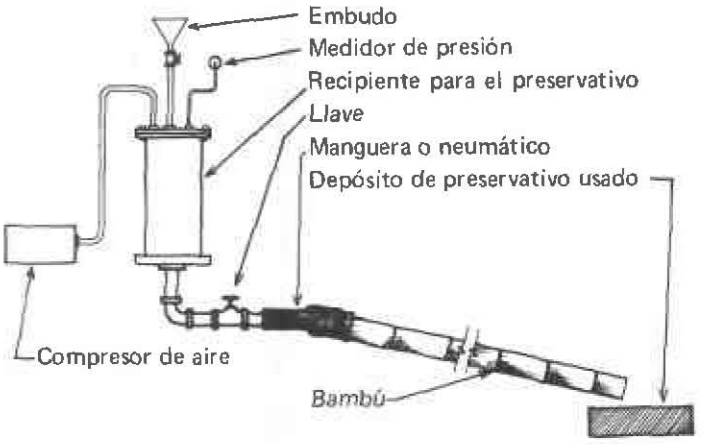
Para tratar bambúes de dimensiones más grandes, se emplean recipientes de mayor capacidad, como también cuando se desea tratar varios bambúes al tiempo. En este caso los bambúes se conectan por medio de una manguera a un tubo metálico ramificado unido al depósito. Las salidas para cada bambú tienen llaves para cerrar el paso del preservativo una vez terminada la operación o



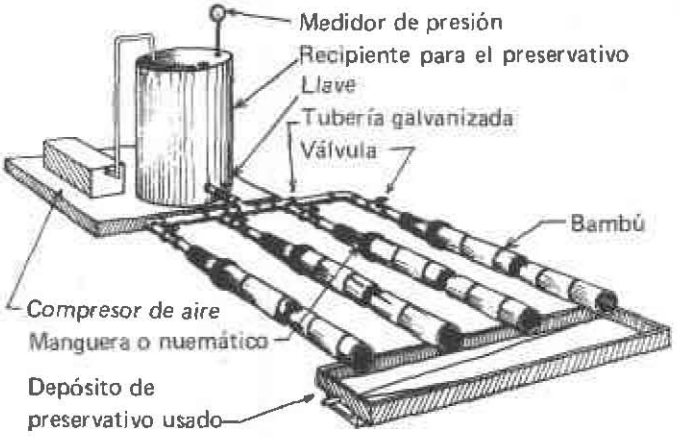
Método Boucherie por Gravedad. El bambú debe colocarse en posición inclinada o vertical.



Método Boucherie a Presión. Para el tratamiento de bambúes pequeños.



Método Boucherie a Presión. Para el tratamiento de bambúes medianos o grandes.



Método Boucherie a Presión. Para el tratamiento de varios bambúes al tiempo.

cuando no se utilizan al mismo tiempo todas las salidas.

En todos los casos, el preservativo usado puede ser utilizado de nuevo aumentando su concentración.

En los experimentos realizados por Purushotham, Sudan y Sagar, se trataron las siguientes especies: *Bambusa polymorpha*, *Bambusa nutans* y *Dendrocalamus strictus*. En el primer experimento se trataron la *Bambusa polymorpha* y la *B. nutans* con una solución compuesta de 16 y 8% de cloruro de zinc a cada una de las cuales se les adicionó 2% de dicromato de sodio con el objeto de proteger el aparato de la corrosión debido al cloruro de zinc. Los tallos de bambú tenían aproximadamente 6 mts. de longitud.

Como resultado de este experimento se considera que una absorción de 0.5 libras de cloruro de zinc por pie cúbico de bambú, es suficiente para proteger el bambú, cuando se usa a la intemperie, de la pudrición y del ataque de los insectos. El período mínimo de tratamiento y la concentración del preservativo puede variar de acuerdo a la longitud y de la especie utilizada. Cuando el bambú va a ser utilizado en construcción de viviendas ya sea como refuerzo del concreto o en muros de barro embutido, una absorción de 0.3 libras puede considerarse suficiente. El tratamiento debe ser continuo por un período mínimo de 2 horas. Para propósitos profilácticos, es suficiente un tratamiento de 0.25 a 0.5 horas.

En otro experimento se trataron especies de *Dendrocalamus strictus*, *Bambusa nutans* y *B. polymorpha*, empleando los siguientes preservativos: Sales de Bolinden, Ascu, composición de cobre, cromo y boro, cromato de cloruro de zinc, composición antiséptica a prueba de fuego. A excepción de los dos últimas, los otros son productos patentados.

Todos los preservativos a excepción del cromato de cloruro de zinc, son solubles en agua y pueden usarse en tratamientos para bambú, maderas y gramíneas que van a estar expuestas a la intemperie sin temor de que se laven con las lluvias o por las aguas del suelo.

En algunos bambúes el tratamiento fué muy pobre debido a la resistencia al flujo del preservativo. Con el aumento de la edad del bambú, el contenido de savia disminuye y es posible que ello llegue a producir una deformación estructural ya sea taponando los poros con productos químicos o por compresión mecánica. A esto debe sumarse otro serio problema que es la entrada de aire a los poros. Las burbujas de aire causan obstrucción al flujo de los líquidos particularmente en los capilares muy finos, siendo necesaria la aplicación de altas presiones para eliminarlas. Como el bambú normalmente adquiere su resistencia para todos los usos prácticos en 3 años, debe restringirse el tratamiento a estas edades.

Como resultado de sus investigaciones, Purushotham Sudan y Sagar recomiendan el uso de las siguientes composiciones o productos, para ser aplicados en el bambú empleando el método Boucherie modificado a presión.

A. Pentóxido de arsénico
Sulfato de cobre cristalizado +
Dicromato de sodio — 1 : 3 : 4

B. Sales de Bolinden

C. Sulfato de cobre +
Dicromato de sodio +
Acido acético — 5,6 : 5,6 : 0.25

D. Acido bórico +
Sulfato de cobre cristalizado +
Dicromato de sodio — 1,5 : 3 : 4

E. Cloruro de zinc +
Dicromato de sodio — 1 : 1

F. Cloruro de zinc +
Dicromato de sodio — 5 : 1,5

G. Acido bórico +
Borax +
Dicromato de sodio — 2 : 2 : 0.5

H. Acido bórico +
Borax — 1 : 1

I. Pentaclorofenato de sodio

J. Composición antiséptica a prueba de fuego.

Acido bórico +
Sulfato de cobre cristalizado +
Cloruro de zinc +
Dicromato de sodio — 3 : 1 : 5 : 6

Es muy importante tener en cuenta que muchos de los productos químicos anotados anteriormente son nocivos a la salud, por lo cual deben tomarse todas las precauciones necesarias para su empleo.

TABLA 2.4.4.1 C APLICACION DE PRESERVATIVOS DE ACUERDO A LA UTILIZACION FINAL DEL BAMBU

	Aplicación del bambú tratado	Tipo de preservativo	Concentración %	Absorción Lbs/pie³ Sal seca	Duración del tratamiento en horas	Años de servicio esperado
1.	**Para uso a la intemperie y en contacto con el suelo**					
a.	Postes para cercos, astas, andamios, etc.	A a C	A C 8, B–4	A, B, C 0.3 a 0.4	3 – 4	10 – 15
b.	Soportes para plantas	E	E – 10	0.3	2	8 – 10
2.	**Construcción de vivienda:**		A&C – 6	A a D – 0		
a.	*Cerchas, pares, correas, cabios y* columnas	A *a* E	B–3; D–8 E – 10	0.2 *a* 0.3 E 0.5	2 – 3	15 – 20
b.	Persianas, cielo rasos, paneles para puertas.	F,G,H,I	F,G, H–6 1 – 2	0.1 – 0.2	1	10
3.	**Refuerzos**					
a.	Refuerzo en concreto	F & F	6	0.2	1 – 2	25 – 30
b.	*Refuerzo en muros recubiertos* con barro	D & E	D–6; E–8	0.2 a 0.3	2	10 – 15
4.	***Artículos artesanales** : canastas,* zarandas, tamiz, etc.	G & H	5	0.1	0.5	5 – 8
5.	***Usos profilácticos***	A a *I* Dependiendo del uso final del bambú	6 – 8	0.05	0.5	5
6.	**Protección del Fuego:**					
a.	Parte interna de la casa	J	25	2 a 3	6 a 8	15 – 20
b.	Al aire libre	J	25	2 a 3	6 a 8	10 – 15

d. **Tratamiento por Inmersión.**

El tratamiento por inmersión consiste en sumergir total o parcialmente los tallos de bambú en un depósito con preservativo, según el uso final que vayan a tener. Por lo general la efectividad de este tratamiento depende del mayor tiempo que pueda permanecer sumergido para lograr su máxima saturación. La aplicación de este sistema varía con el tipo de preservativo que se emplea como se indica a continuación:

1. **Con Pentaclorofenol.**

Este preservativo se emplea principalmente para el tratamiento de elementos de bambú que van a permanecer bajo tierra o en contacto con la humedad o el agua. Englerth y Maldonado, realizaron en el Tropical Forest Research Center, Puerto Rico, experimentos relacionados con el tratamiento para postes cortados a la longitud requerida, y previamente secados al aire libre ya que en estado verde no absorben el preservativo. El tratamiento se efectúo en la siguiente forma:

Por inmersión en baño frío. Los postes deben sumergirse completamente durante 5 días en una mezcla de 5% de pentaclorofenol y petróleo combustible para Diesel. Debe tenerse el cuidado, al sacar los postes, de inclinarlos para que salga el exceso de preservativo.

Por inmersión en baño caliente y frío. Los postes se sumergen durante una hora en 5% de pentaclorofenol calentado a una temperatura de 200 grados F (93°C) después de lo cual se pasan rápidamente a una solución fría de 5% de pentaclorofenol donde deben dejarse por espacio de 12 horas.

2. **Con Creosota.**

Este tratamiento se aplica a bambúes que van a permanecer parcial o totalmente bajo tierra tales como tubos de bambú para drenajes, postes, etc. Los bambúes que van a ser utilizados como postes sólo requieren ser tratados en el extremo que va a permanecer enterrado, teniendo la precaución de tratarlo por lo menos hasta los 20 centímetros, por encima de la línea de tierra. El tratamiento consiste en colocar los bambúes verticalmente dentro de un depósito abierto en lo posible, provisto de serpentines de vapor dentro del cual se vierte aceite caliente de Creosota y se mantiene a un nivel que asegure un tratamiento completo y adecuado de los extremos de los postes. Estos han de permanecer en el depósito por lo menos seis horas durante las cuales se mantiene la temperatura del aceite entre 100° y 115°C. Después del baño caliente se colocan los postes en un baño de aceite frío con una temperatura comprendida entre 32° y 38°C y se les conserva en él durante un mínimo de dos horas.

e. **Tratamiento por aplicación externa.**

Este tipo de tratamiento consiste en aplicar el preservativo sobre la superficie del bambú con una brocha o un atomizador. Este tratamiento es el menos efectivo ya que la capa externa del bambú por ser prácticamente impermeable, impide que el preservativo tenga una buena penetración a su interior. Además puede lavarse fácilmente con la lluvia, si queda expuesto a la intemperie.

2.4.4.2 Productos Preservativos empleados para el Tratamiento del Bambú y de la madera

Los productos preservativos empleados para proteger el bambú, e igualmente la madera, del ataque de los insectos, los hongos y la pudrición; se clasifican en dos grupos principales como son:

a. **Aceites**, tales como las soluciones de creosota y petróleo con pentaclorofenol; que se emplean en bambúes que van a permanecer en contacto con el agua o con la humedad del suelo.
b. **Sales**, que se aplican disueltas en agua. Se emplean por lo general en bambúes que van a permanecer a la intemperie, sin embargo, algunas de ellas pueden ser empleadas en bambúes que van a estar en contacto con la humedad del suelo.

Algunos de estos preservativos son más efectivos que otros, o más apropiados para ciertas condiciones de exposición, por lo cual se indican como guía, su composición, ventajas y desventajas.

a. **Preservativos Tipo Aceite.**

1. Creosota alquitranada: Aceite negro o de color café, obtenido por destilación del alquitrán de carbón mineral (hulla). Soluble en benzol.

   Ventajas: Altamente tóxico para los organismos destructores del bambú y de la madera; insoluble en agua, baja volatibilidad, fácil de aplicar. Pueden determinarse, permanencia y profundidad de penetración.

   Desventajas: Debido al color café oscuro no puede pintarse; olor fuerte y desagradable. Fácilmente inflamable cuando se aplica por primera vez.

2. **Creosota alquitranada libre de cristales:** Consiste de creosota alquitranada de la cual se han sacado algunos materiales en forma de cristales. Tiene las mismas ventajas que la anterior; además, puede aplicarse con brocha o por aspersión. Las desventajas son iguales a la anterior.

3. **Aceite de antraceno:** Tiene las mismas ventajas que la creosota alquitranada pero se evapora menos durante el calentamiento, previo a su aplicación. Tiene las mismas desventajas de la Creosota alquitranada.

4. **Creosota obtenida por destilación de la madera, aceite y vapor de agua.** Tienen las mismas ventajas de la creosota alquitranada pero menos efectiva.

5. **Soluciones de creosota:** Consiste en una mezcla de alquitrán de hulla o aceites de petróleo, y de 50 a 80% por volumen de creosota alquitranada; tiene las mismas ventajas que la creosota alquitranada pero menos efectiva.

6. **Pentaclorofenol:** Es una mezcla de aceites de petróleo y 5% de pentaclorofenol, también 2% de penta en creosota. Tiene alta protección contra la pudrición, hongos y termitas; puede pintarse, no tiene olor desagradable; menos inflamable que la creosota alquitranada. El color puede alterarse si se emplean aceites de petróleo de color oscuro.

7. **Naftenato de cobre:** Mezcla de aceites de petróleo y de 0.5% a 0.3% de cobre metálico equivalente (5 a 30% de naftenato de cobre). Tiene la ventaja de que da a la madera un color verdoso o un color oscuro.

8. **Preservativos repelentes del agua:** Compuesto de espíritu de petróleo y un 10 a 25% máximo, de materiales no volátiles incluyendo el preservativo. Los preservativos no deben tener menos del 5% de pentaclorofenol y/o del 10% a un 30% de naftenato de cobre. Tiene la ventaja de retardar los cambios de humedad en la madera. Por otra parte tiene buena protección contra la pudrición e insectos. Tiene la desventaja de que no puede usarse en contacto con el suelo o en áreas donde se presenta una humedad continua a no ser que se aplique otro tipo de preservativo.

b. **Preservativos solubles en Agua.**

1. **Cromato de zinc clorado:** Compuesto de 77.5% de cloruro de zinc y no menos de 17.5% de bicromato de sodio dihidratado.
Tiene la ventaja de dar protección contra los hongos, los insectos, y el fuego. Puede pintarse, y no tiene un olor desagradable. Su aplicación tiene la desventaja de que no puede usarse en contacto con el suelo o el agua debido a que sus componentes se lavan. Se puede emplear en lugares donde el bambú o la madera no van a estar a la intemperie.

2. **Cromato de zinc clorado cobrizado:** Consiste de 73% de cloruro de zinc, 20% de bicromato sódico, 7% de cloruro de cobre. Tiene las mismas ventajas que el anterior y además una mayor permanencia. El bambú no puede usarse en contacto con el suelo o el agua.

3. **Cromato de zinc clorado (resistente al fuego):** Consiste de 80% de cromato de zinc clorado, 10% de ácido bórico, 10% de sulfato de amonio. Tiene las mismas ventajas que el cromato de zinc clorado. Con una retención de 1% a 3 libras por pie cúbico de madera. Da una buena protección combinada del fuego, hongos e insectos, no debe usarse si el bambú va a estar en contacto con el suelo o la humedad.

4. **Sales Wolman:** Consisten en 25% de floruro de sodio, 25% de arseniato disódico hidrogenado, 35% de cromato de sodio, 12.5% de dinitrofenol. Da protección contra los hongos e insectos, puede pintarse, no tiene olor desagradable, Tiene la desventaja de que el bambú no puede estar en contacto con el suelo o el agua.

5. **Cromato de cobre ácido:** Consiste en iguales cantidades de sulfato de cobre y bicromato sódico con suficiente cantidad de ácido acético o ácido crómico para mantener los preservativos en solución. Da buena protección contra los hongos e insectos, no tiene mal olor. El bambú o la madera pueden pintarse y usarse en contacto con el suelo y el agua.

6. **Metarsenito de zinc:** Compuesto de 60 partes de ácido arsénico, 40 de óxido de zinc con suficiente ácido acético para mantener los preservativos en solución. Da buena protección contra los hongos e insectos. El bambú o la madera pueden pintarse, pero no deben usarse en contacto con el suelo ni el agua.

7. **Arseniato de cobre amoniacal:** Compuesto de 57.7% de hidróxido de cobre, 40.7% de trióxido de arsénico, 1.6% de ácido acético disuelto en amonio y agua.
Buena protección contra los hongos e insectos. Puede usarse en contacto con el suelo y el agua

8. **Arseniato de cobre cromado:** Compuesto de 56% de bicromato de potasio, 33% de sulfato de cobre, 11% de pentóxido de arsénico. Da buena protección contra los hongos e insectos, puede pintarse. Puede estar en contacto con el suelo pero no con el agua.

9. **Arseniato de zinc cromado:** Compuesto de 20% de ácido arsénico, 21% de arseniato de sodio, 10% de bicromato sódico, 43% de sulfato de zinc. Da buena protección contra los hongos y termitas. La madera y el bambú pueden pintarse y estar en contacto con el suelo pero no con el agua.

2.4.5 TRATAMIENTO DE IMPREGNACION DEL BAMBU CON RESINAS SINTETICAS PARA MEJORAR SUS CUALIDADES FISICAS

El tratamiento de impregnación del bambú con resinas sintéticas, de conocidas características, tiene por objeto impartir al bambú y a los productos derivados de él, determinadas propiedades físicas, como son, gran resistencia a la flexión, tensión, compresión, abrasión y estabilidad dimensional bajo cualquier condición atmosférica, lo que permite utilizar el bambú en la fabricación de diversos materiales de construcción y de implementos deportivos, tales como palos para golf, garrochas, remos, mástiles para botes de vela, hélices para aviones etc. Este sistema hasta hoy desconocido y de gran aplicación industrial, fue ideado por Harvey D. Shannon y patentado el 4 de julio de 1944 en la Oficina de patentes de los Estados Unidos, bajo el número 2.352.740.

El tratamiento es muy simple, económico y operable en condiciones donde los tratamientos de vacío y presión han sido inefectivos para la impregnación completa del bambú. Además, no remueve del bambú las resinas naturales que son deseables que las retenga, pero sí, las sales solubles que no fortalecen el bambú, reemplazándolas por resinas sintéticas de conocidas características que le imparten predeterminadas y deseadas características al bambú.

2.4.5.1 Procedimiento.

Se sumerge el bambú en agua hasta que esté completamente saturado, lo cual, generalmente toma de 2 a 4 días, para una pieza con espesor de pared de ¼". El agua que se utiliza debe ser potable y no se requiere que sea especialmente purificada o destilada. Es aconsejable utilizar agua caliente mantenida a una temperatura aproximada de 60°C, lo que permite que la absorción del agua se haga en 24 horas más o menos. Si se desea que el agua permanezca siempre limpia y así evitar la concentración de soluciones de sal en la superficie del bambú, el agua puede circularse dentro del recipiente en donde se trata el bambú. Después de que el bambú se haya impregnado completamente de agua y de que las sales hayan tenido la oportunidad de disolverse, se deja escurrir ligeramente y se limpia el

agua de la superficie del bambú, con un trapo, sin ponerlo a secar. Una vez secado el bambú con el trapo se sumerge la pieza en una solución de agua y resina sintética. Las resinas de este tipo pueden obtenerse por reacción de un constituyente fenólico, por ejemplo, fenol, cresol, resorcinol, etc., o un constituyente de úrea, como úrea, tioúrea, etc., con un reactivo aldehido como formaldehido, paraform, etc., deteniendo la reacción antes de que la resina se haga insoluble en agua, o sea que la reacción es continua hasta cuando uno de los constituyentes haya reaccionado químicamente con el otro y la polimerización no se haya efectuado lo suficientemente, que impida su solubilidad en el agua.

El bambú debe permanecer sumergido en esta solución de resina por un período que depende del espesor del bambú. Una sección de un bambú que tenga aproximadamente un espesor de ¼" se impregnará completamente en 2 ó 4 días a temperatura ambiente, o en 24 horas en una solución de agua que contenga alrededor del 30% de resina sintética, a una temperatura de 60°C. La solución de resina parece que se difunde en todo el bambú pasando a través de la membrana de las paredes y penetrando en las fibrillas por ósmosis o por un fenómeno físico-químico que es similar. Cualquiera que sea el fenómeno físico o químico, se ha encontrado que el bambú puede impregnarse por este método, mientras que sólo una capa muy pequeña de la superficie puede impregnarse sumergiendo un bambú seco en la solución de resina a pesar de que se emplean alternadamente vacío y presión para ayudar a la impregnación.

Es probable que cuando el bambú seco se sumerge en la solución de resina, el agua pasa a través de la membrana formando una capa de moléculas de resina en la parte exterior de la membrana que luego se unen una con otra, en tal forma que impiden la penetración de las moléculas de resinas a través de las membranas, mientras que en una sección de bambú, previamente impregnada de agua, la infiltración de la resina es tan gradual que las moléculas no forman una barrera, conservando su pequeño tamaño que les permite pasar a través de la membrana y a las fibrilas, impregnando completamente el bambú.

Después de tratado el bambú en la solución se saca, se deja escurrir y si se desea puede lavarse rápidamente en un chorro de agua pura o limpiarse con un trapo para remover la capa de resina de su superficie, aunque es preferible dejarla; luego se deja secar ligeramente y se trata al calor para polimerizar la resina hasta un punto adecuado. También, el bambú húmedo, después del tratamiento puede calentarse ligeramente para polimerizar la resina mientras la humedad está presente, lo cual se hace en una cámara húmeda en donde pueda controlarse la evaporación del agua. Si se deja que el bambú se seque antes del tratamiento de calor, la resina tiene la tendencia a separarse del centro y de concentrarse próxima a la superficie. Esto se debe a que la humedad se mueve del interior del bambú hacia la superficie arrastrando la resina. La polimerización de la resina antes de que el agua se escape, alarga las moléculas suficientemente para evitar su paso a través de la membrana, o de las fibrilas.

Procediendo en la forma descrita anteriormente, es posible controlar las características finales del producto. El bambú tratado es un poco más pesado y más fuerte que el no tratado. En base a una igual resistencia, una pieza de bambú tratado en esta forma es más liviana que una no tratada.

El producto terminado puede utilizarse en la fabricación de garrochas, remos, mástiles para botes de vela, palos de golf, mazos para polo, cerdas para cepillos, etc. Cuando la resina es sometida a un tratamiento de calor más intenso, después del tratamiento el material adquiere una mayor estabilidad dimensional bajo cualquier condición atmosférica, haciéndose resistente a la abrasión. En este caso puede emplearse en la fabricación de hélices y otras partes de aviones, moldes para fundición y agujas de fonógrafo, etc.

Además del sistema descrito pueden usarse otras muchas formas, por ejemplo, un agente celulósico humedecedor puede emplearse con agua así como también otros solventes de la resina.

Por otra parte este tratamiento, que fue ideado para ser aplicado exclusivamente al bambú, por no haberse podido tratar con éxito empleando otros sistemas, es aplicable a materiales leñosos, tales como madera balsa y otros maderas ordinarias.

2.5 NORMAS PARA EL EMPLEO DEL BAMBU EN LA CONSTRUCCION.

2.5.1 EMPLEO APROPIADO DE LAS PORCIONES BASAL, INTERMEDIA Y SUPERIOR DEL TALLO EN CONSTRUCCION.

En un mismo tallo de bambú las características físicas son variables debido a que el diámetro y el espesor del tallo disminuyen con la altura y la separación de los nudos va siendo mayor hacia su extremo superior. Por consiguiente el extremo inferior que tiene mayor diámetro y espesor de pared como nudos más próximos, es más resistente que el extremo superior que por ser más delgado y de nudos más separados es más flexible. Debido a estas circunstancias, cada una de las tres porciones en que se considera dividido un tallo, la porción basal o inferior, la intermedia, y la superior, tienen aplicaciones completamente diferentes en la construcción como son:

La porción basal se emplea en miembros que van a estar sometidos a compresión o a tensión, por ejemplo, en columnas y vigas maestras.

La porción intermedia se emplea en armaduras de cerchas, en parales y soleras de muros portantes o divisorios, en entresuelos o viguetas.

La porción o tercio superior se emplea en correas de techos, como soporte de tejas de barro y en construcciones de techos de paja.

Es importante anotar que estas aplicaciones se consideran sólo para bambúes que tengan un diámetro promedio igual o mayor de 10 centímetros y un espesor de pared igual o mayor de 1,5 centímetros.

El bambú verde o no sazonado, al secarse se contrae, y debido a ello se presentan fisuras a partir de las perforaciones hechas con puntillas y clavos, perdiendo éstos su poder de agarre, lo que en ciertos casos puede tener serias consecuencias.

2.5.2 BAMBUES QUE NO DEBEN EMPLEARSE EN CONSTRUCCION

No deben emplearse en elementos estructurales:

1. Secciones de bambúes que hayan sido atacados por insectos, que por lo general, como el Dinoderus minutus construyen largas galerías a lo largo del tallo, afectando su resistencia.

2. Bambúes atacados por hongos o que presentan señales de pudrición.

3. Bambúes con rajaduras o fisuras transversales o longitudinales.

4. Tallos de bambú que fueron cortados después de florecidos. El florecimiento es un fenómeno que se presenta en el bambú por lo general cada vez que completa su ciclo de vida, el que varía según la especie, entre 3 y 120 años aproximadamente. Los tallos de bambú después de que florecen pierden su resistencia y mueren. Véase Florecimiento del Bambú.

2.5.3 UNIONES Y AMARRES DE ELEMENTOS DE BAMBU.

Debido a la forma cilíndrica y hueca del bambú no es posible emplear los mismos sistemas que se utilizan en la madera. Por otra parte, la tendencia que el bambú tiene de rajarse limita el uso de clavos o puntillas (en la forma de clavarlos), para asegurar las uniones. La razón de ello es que el bambú al secarse se contrae. Al presentarse la contracción el bambú se raja a partir de las perforaciones hechas por puntillas grandes, perdiendo éstas su poder de agarre. Por esta razón no es recomendable "clavar" puntillas grandes y mucho menos clavos que

en el momento de ser introducidos producen una separación mayor entre las fibras. El sistema más recomendable para la "colocación" de clavos y puntillas grandes consiste en hacer previamente una perforación con una broca piloto, con diámetro ligeramente inferior al del clavo que se vaya a utilizar, introduciéndolo después con golpes suaves de martillo. Este sistema no produce rajaduras en bambúes secos, disminuyéndolas en los bambúes verdes que se secan en la estructura.

Las formas más usuales para fijar las uniones es por medio de amarres, utilizando para ello, alambre galvanizado, cuerdas de nylon o de cualquier otro material durable y resistente. En algunos casos se emplean clavijas, o pernos metálicos que se introducen en el bambú una vez hecho el hueco correspondiente con ayuda de un taladro. El agujero para introducir los pasadores o pernos no debe hacerse clavando sucesivamente clavos de mayor diámetro o girando circularmente un clavo dentro del agujero para ampliar su diámetro.

2.5.3.1 Detalles de Uniones.

Los detalles de uniones de elementos de bambú que se indican a continuación, son los más empleados en la construcción de estructuras, acueductos, muebles, etc. Algunas de estas uniones pueden ser empleadas en otros propósitos además de los indicados; pero otras tienen una aplicación muy definida y en ningún caso deben utilizarse estructuralmente, a no ser que así se especifique.

Los diversos detalles se han clasificado según la posición de los elementos que se unen, en la siguiente forma:

2.5–A. Detalles de unión de vigas y columnas.

2.5–B. Detalles de unión al tope y por intersección de elementos horizontales y verticales.

2.5–C. Detalles de unión sobrepuesta de elementos horizontales con miembros verticales o inclinados

2.5–D. Detalles de unión de elementos horizontales.

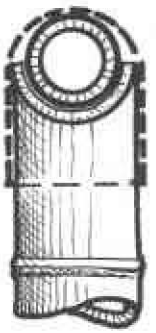
2.5–E. Detalles de unión de piezas de muebles.

DETALLES 2.5 — A UNIONES DE VIGAS Y COLUMNAS.

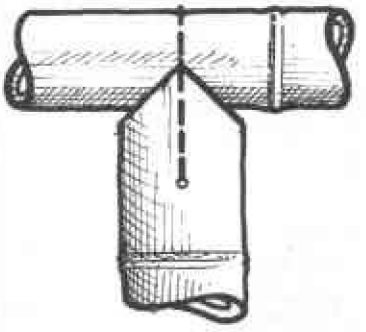
DETALLE 2.5 – A 1

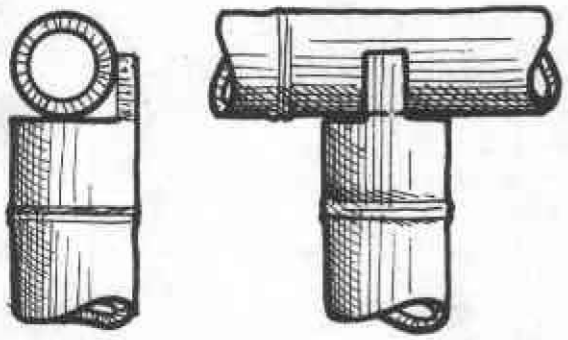
Soporte con orejas en ángulo. Se emplea para la unión de columnas o parales con vigas o soleras de menor diámetro. Invertido se emplea como unión del paral y la solera inferior de los muros de bahareque o de barro embutido. En puentes peatonales se emplea en la construcción de caballetes (Ver puentes de caballetes). Se utiliza también para el soporte de vigas de madera de sección circular. En su elaboración generalmente se utiliza el machete.

VISTA LATERAL



ALZADA

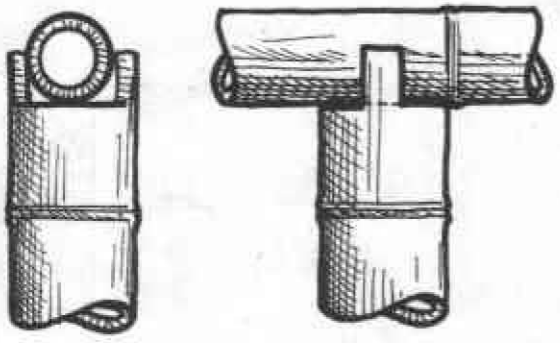




VISTA LATERAL ALZADA

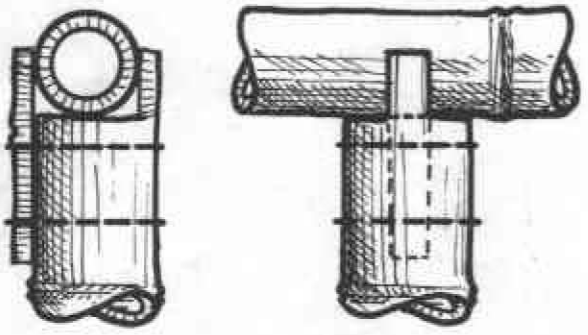
DETALLE 2.5 – A 2

Soporte con una oreja recta. Se emplea en la unión de columnas y vigas de amarre o cabezales que sirven de soporte a los cabios o piezas que trabajan en igual forma. Como los cabios presionan la viga hacia afuera, la oreja debe ir del lado externo. También se emplea para el soporte de vigas de madera de sección rectangular, y como puntal en la construcción de placas de concreto.



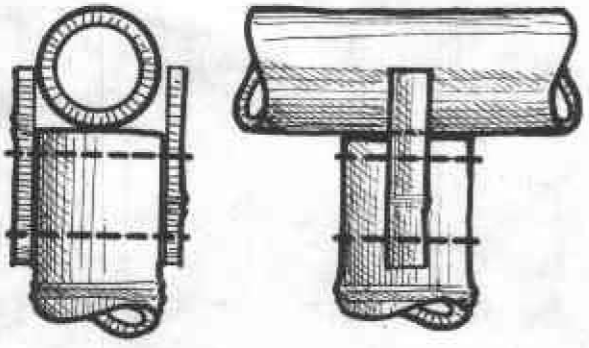
DETALLE 2.5 – A 3

Soporte con dos orejas rectas. Además de poderse emplear con los mismos propósitos indicados para el detalle de soporte de orejas en ángulo; tiene gran aplicación como soporte de piezas de madera de sección rectangular. Su elaboración se hace con serrucho.



DETALLE 2.5 – A 4.

Soporte con una oreja cuadrada y otra sobrepuesta. Se emplea cuando el diámetro de la viga o solera es casi igual al del soporte, o sea cuando no es posible utilizar los detalles 2.5 – A 1 ó 2.5 – A 3. La altura de la oreja no debe ser menor de 1/4 de la longitud total de la lata que se utilice.

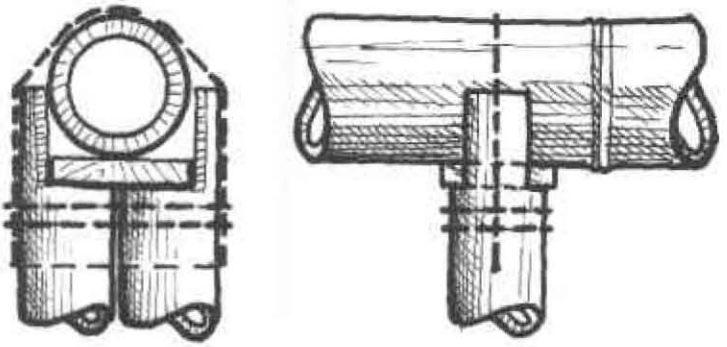


DETALLE 2.5 – A 5.

Soporte con dos orejas. Se utiliza cuando el diámetro de la viga o de la solera es igual al del soporte. La altura de las orejas no debe ser menor de 1/4 de la longitud total de la lata utilizada. Este detalle se emplea mucho en la construcción de puentes de caballete.

DETALLE 2.5 – A 6.

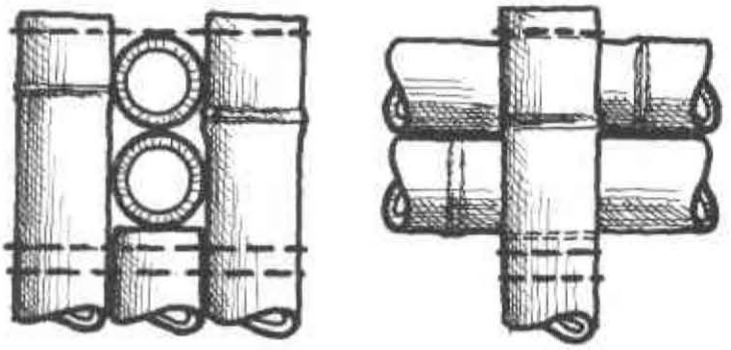
Viga con doble soporte. Cuando se requiera emplear los bambúes de mayor diámetro como vigas, pueden utilizarse dos bambúes de paredes gruesas como columnas o soportes. En este caso se hace en cada uno de los soportes una oreja cuadrada o en ángulo, colocándose luego entre los dos una lata sobre la cual se asienta la viga, distribuyendo la presión entre los dos soportes.



VISTA LATERAL ALZADA

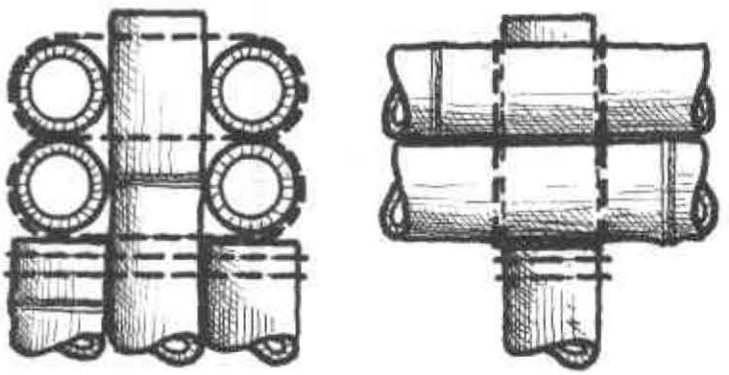
DETALLE 2.5 – A 7

Doble viga sencilla. En luces grandes, o para resistir grandes cargas se puede emplear una doble viga como se muestra en el detalle, que puede estar soportada ya sea por una o dos columnas continuas. Los dos bambúes laterales de la columna impiden que una de las vigas se deslice sobre la otra. Por otra parte si el detalle se emplea en soporte de puentes, los dos bambúes laterales pueden prolongarse para recibir el pasamanos o en diferente caso otra viga.



DETALLE 2.5 – A 8

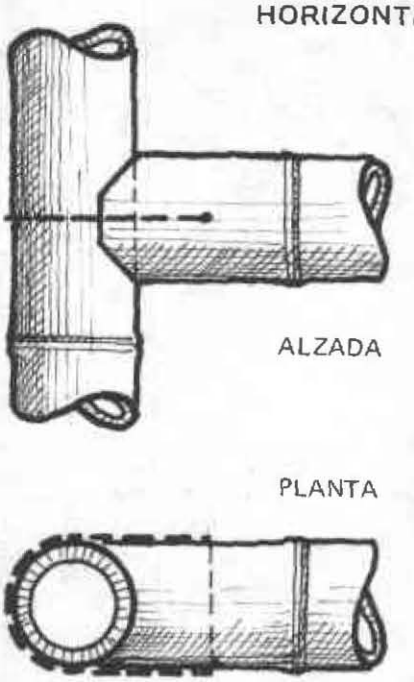
Dos dobles vigas. Este detalle puede tener gran aplicación como soporte de puentes o de plataformas, particularmente en los apoyos donde las vigas del piso se encuentran al tope. El paral central, al cual se aseguran las dobles vigas, puede prolongarse para soportar otra viga superior, o en puentes para recibir el pasamanos.



DETALLE 2.5 – A 9

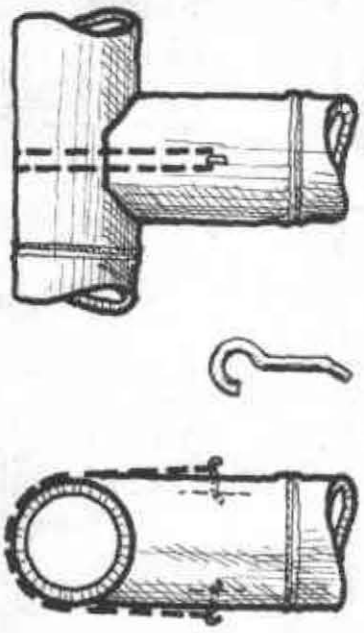
Vigas cuadrúples. Para soportar grandes cargas pueden utilizarse 4 bambúes empleando el mismo tipo de soporte, indicado en el detalle 2.5 — A 7. En este caso es conveniente colocar latas horizontales y/o verticales que ayuden a mantener en posición los bambúes, particularmente cuando éstos no son muy rectos.

DETALLES 2.5—B UNION AL TOPE Y POR INTERSECCION DE ELEMENTOS HORIZONTALES Y VERTICALES



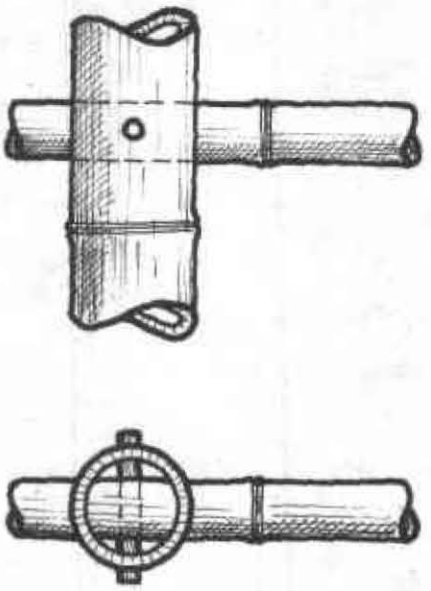
DETALLE 2.5 – B 1

Para la colocación de separadores. Se utiliza en cercos y en la construcción de muros.



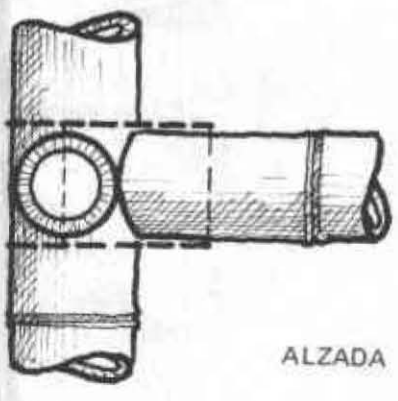
DETALLE 2.5 – B 2

Se emplea con el mismo propósito del anterior. El alambre se fija de las clavijas laterales, las que deben ser de alambre galvanizado muy grueso o de acero.



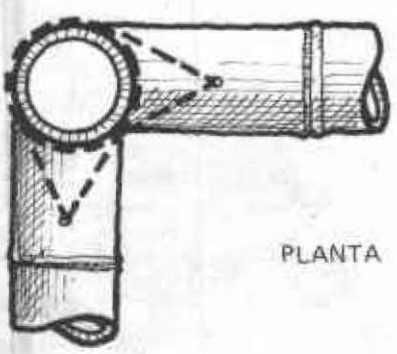
DETALLE 2.5 – B 3

Se emplea en cercos fijos o de correr. En este último caso se quita la clavija y el bambú puede desplazarse horizontalmente.



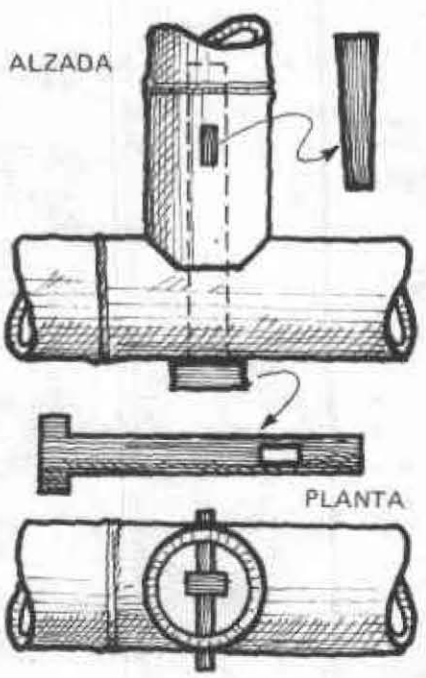
DETALLE 2.5 – B 4

Soporte de esquina correspondiente a los detalles B1 y B2.



DETALLE 2.5 – B 5

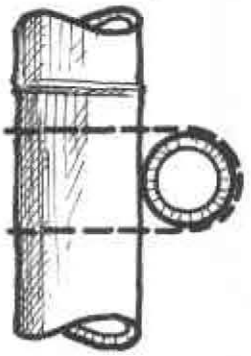
Sistema para fijar dos bambúes por medio de dos pasadores de madera o de bambú. La pieza horizontal no debe soportar cargas, a no ser que se invierta el detalle.



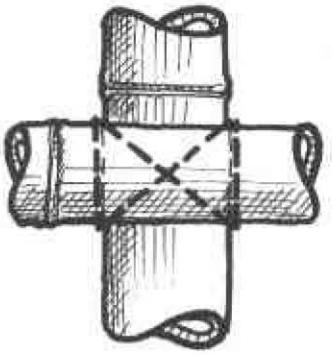
DETALLE 2.5 – C. UNION SOBREPUESTA DE ELEMENTOS HORIZONTALES CON MIEMBROS VERTICALES O INCLINADOS

DETALLE 2.5. – C 1

Se emplea para asegurar o unir horizontalmente varios parales, o en la colocación de riotras. Tiene mucha aplicación en la construcción de andamios.



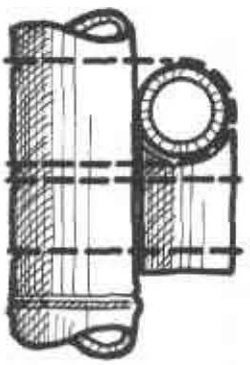
VISTA LATERAL

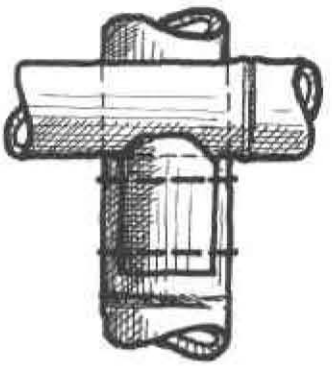


ALZADA

DETALLE 2.5 – C 2

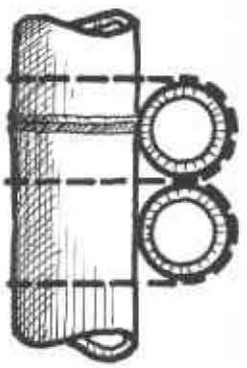
La adición del tarugo de soporte, lateral al paral permite a la pieza horizontal recibir una mayor carga. Se utiliza entre otros en la construcción de andamios.

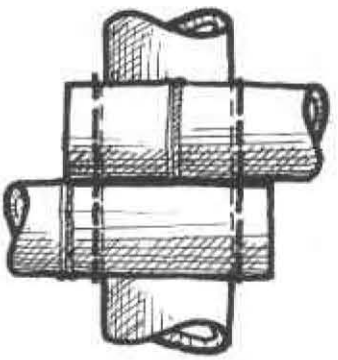




DETALLE 2.5 – C 3

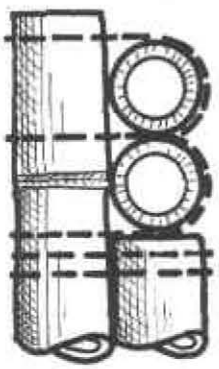
Este detalle corresponde a la unión de los extremos de dos piezas horizontales que tienen como función unir varios parales. Es complementario del detalle 2.5 – C1

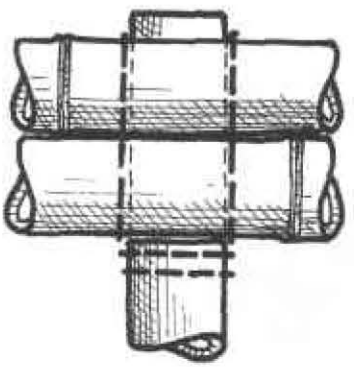


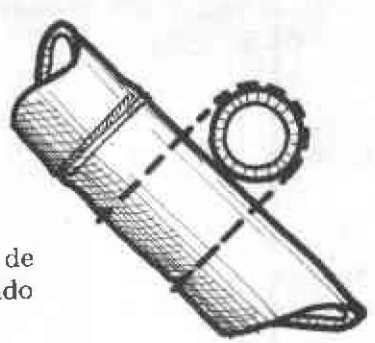


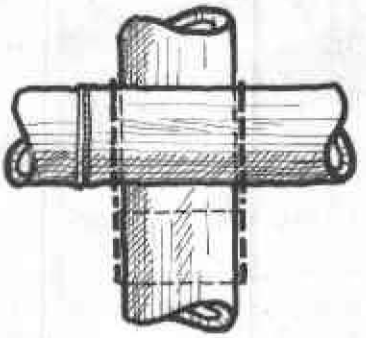
DETALLE 2.5 – C 4

El detalle indicado se emplea en la construcción de apoyos laterales. Es complementario de los detalles 2.5–A.





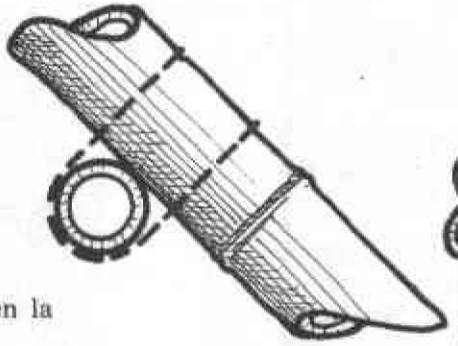


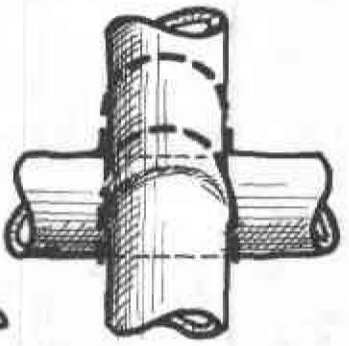


VISTA LATERAL ALZADA

DETALLE 2.5 – C 5

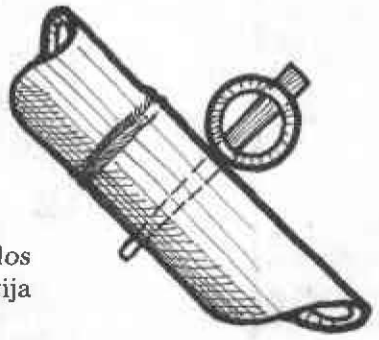
Se emplea generalmente en la construcción de techos, en la unión del par y el bambú utilizado como correa.

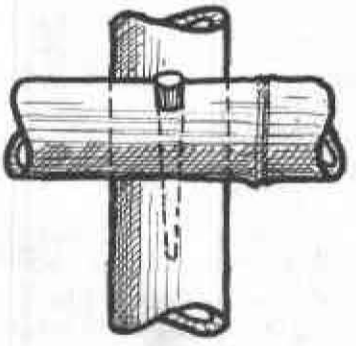




DETALLE 2.5 – C 6

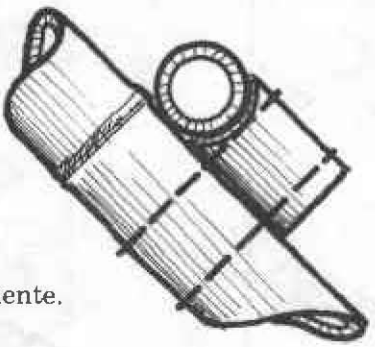
En la construcción del techo se emplea en la unión de la correa y el cabio.

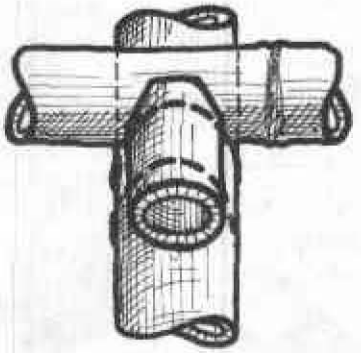




DETALLE 2.5 – C 7

El sistema indicado sirve para asegurar en los techos la correa al par, por medio de una clavija de forma cónica.





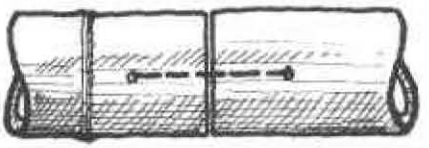
DETALLE 2.5 – C 8

Se emplea para sostener la correa sobre el par, en los casos en que el techo sea muy pendiente.

DETALLES 2.5 — D UNION DE ELEMENTOS HORIZONTALES

DETALLE 2.5 – D 1

Unión al tope. Se emplea para unir dos soleras superiores o inferiores.

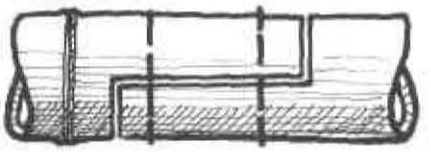


DETALLE 2.5 – D 2

Unión de pico de flauta. Sirve para unir dos soleras inferiores. La unión no debe recibir carga alguna.

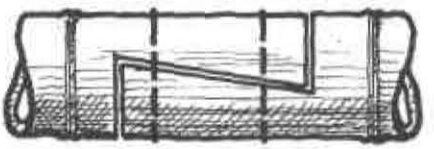
DETALLE 2.5 – D 3

Unión de medio bambú. Se emplea en la unión de elementos horizontales que no trabajan a tensión.



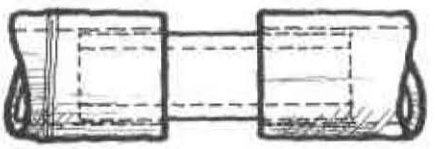
DETALLE 2.5 – D 4

Unión de rayo. Se emplea en la fabricación de muebles, para unir horizontalmente bambúes.



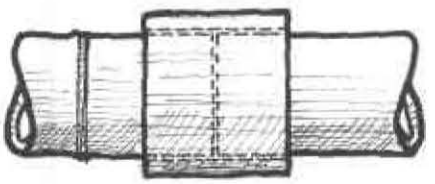
DETALLE 2.5 D 5.

Empalme con unión interna. Se emplea en la construcción de tuberías para agua. Ver Acueductos.



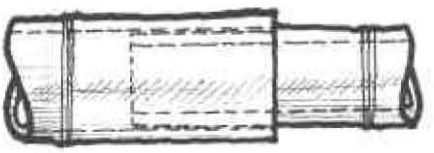
DETALLE 2.5. – D 6.

Empalme con unión externa. Como el anterior se emplea en tuberías para agua. Ver Acueductos.



DETALLE 2.5 – D 7

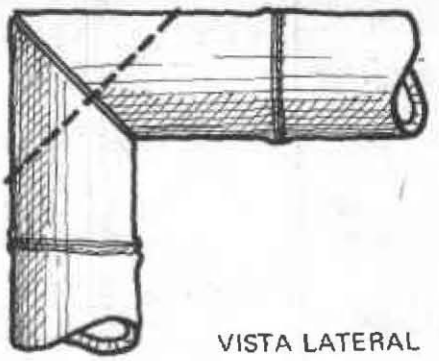
Unión telescópica. Tiene una gran cantidad de aplicaciones entre ellas en Acueductos y en cañas de pescar.



DETALLES 2.5 — E UNION DE PIEZAS DE MUEBLES

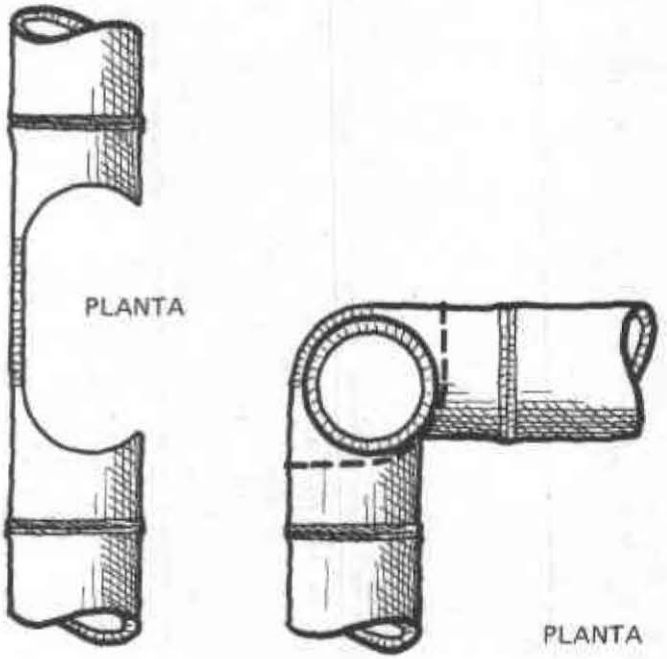
DETALLE 2.5 – E 1

Codo de 90º. Se emplea en la construcción de marcos para espaldares de camas, biombos, cuadros, brazos para sillas, etc.



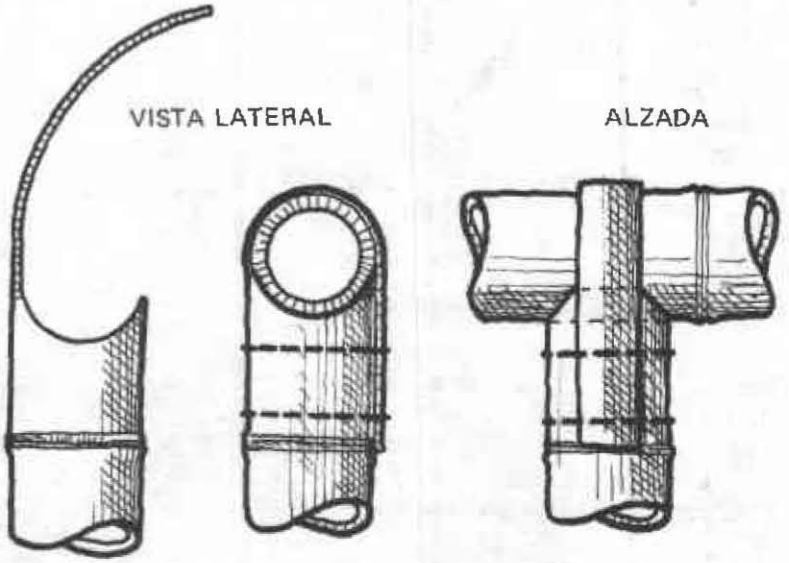
DETALLE 2.5 – E 2

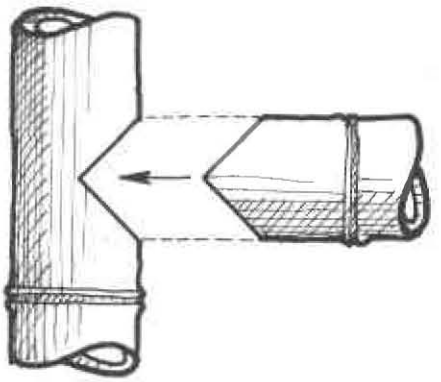
Se emplea en la construcción de muebles, para hacer de una sola pieza de bambú el marco del asiento y fijarlo al mismo tiempo de la parte superior de las patas. La franja de bambú que se deja para unir los tarugos, se rebana hasta que sea posible curvarla alrededor de la pata, de la cual se amarra posteriormente.



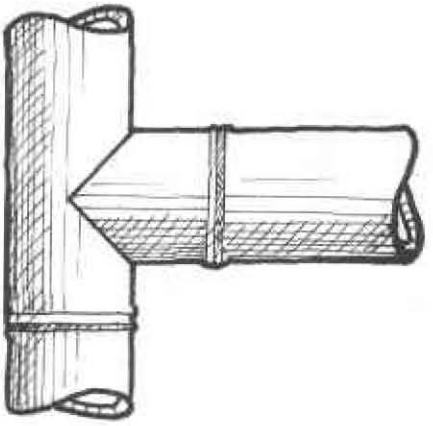
DETALLE 2.5 – E 3.

Se utiliza en la construcción de sillas, y estructuralmente para asegurar vigas o soleras a las columnas; o en casos similares, cuando no se dispone de puntillas. El extremo del bambú vertical se corta y se rebana en igual forma que el anterior, para formar una lengua, que luego se dobla y amarra como se indica.



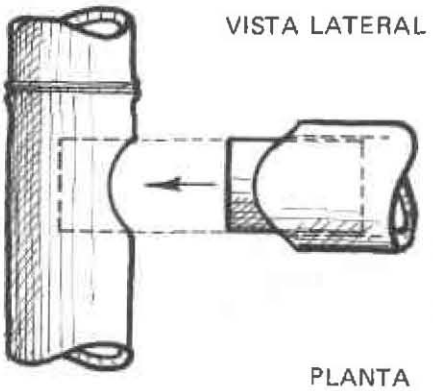


VISTA LATERAL



DETALLE 2.5 – E 4

Unión angular en "T". Se emplea en la fabricación de sillas, biombos etc; para unir travesaños horizontales o verticales a marcos o parales de bambú. La unión se hace por medio de un adhesivo apropiado.

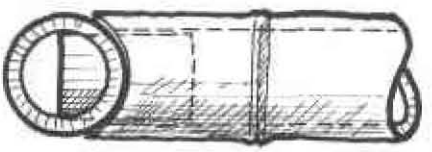


VISTA LATERAL

PLANTA

DETALLE 2.5 – E 5

Unión circular en "T". Como la anterior se utiliza en la fabricación de muebles. Para darle mayor soporte se emplea un cilindro de madera que se introduce y pega tanto en el extremo de la pieza horizontal como de la vertical.



2.5.3.2 Detalles de Amarres y Nudos con Cuerdas.

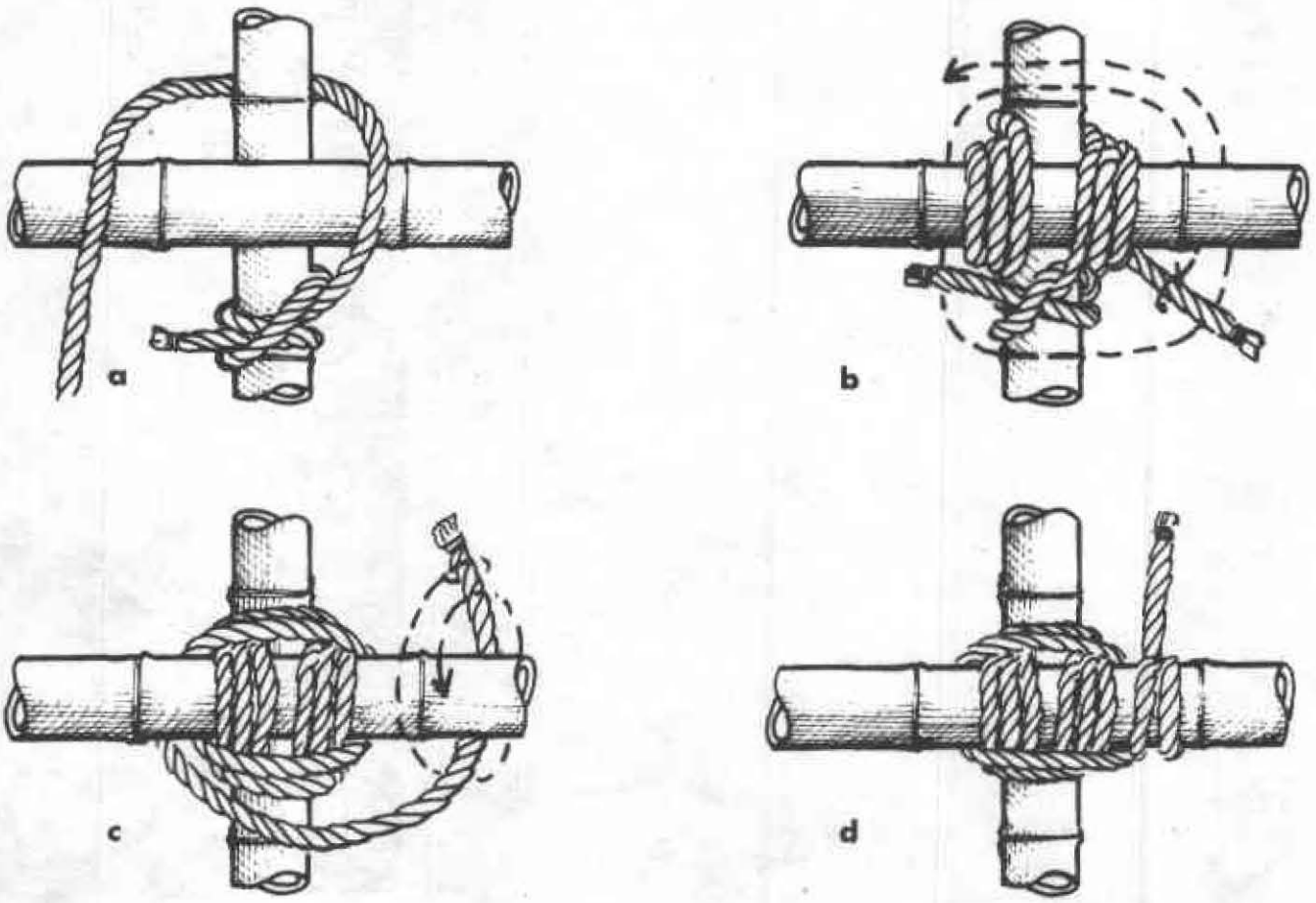
Sin lugar a dudas, la estabilidad de una construcción de bambú depende fundamentalmente de la resistencia del material en sí, de la forma apropiada como se amarren las uniones, del tipo y seguridad del nudo empleado, y de la resistencia de la cuerda o alambre utilizado.

Por lo general, son muy contadas las personas, particularmente entre arquitectos e ingenieros, que tienen algún conocimiento de la forma de amarrar o asegurar con cuerdas, elementos estructurales de bambú o de madera. Por ello se indican a continuación los amarres y nudos que tienen mayor aplicación, tanto en la construcción de todo tipo de estructuras de bambú, como en las diversas actividades que directa o indirectamente están relacionadas con la ejecución de la construcción; como son entre otras: en la colocación de tensores, en el armado de andamios fijos y colgantes, en el transporte vertical de materiales de construcción; y en casos de emergencia para la movilización vertical de heridos.

DETALLES 2.5 — F AMARRES Y NUDOS

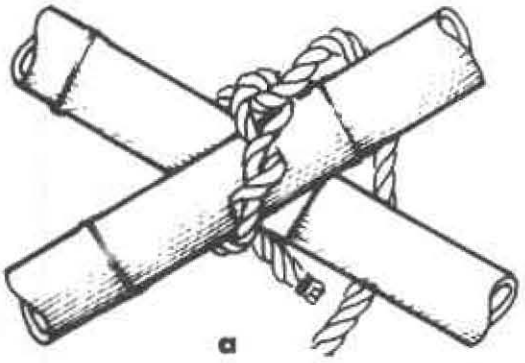
DETALLE 2.5 – F 1

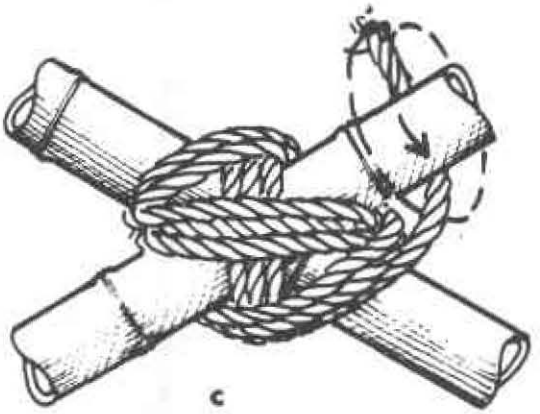
Amarre cuadrado. Se emplea para asegurar dos bambúes que forman entre sí un ángulo recto. Se inicia y termina con un nudo ballestrinque, que se indica en el detalle **2.5–F 17.**

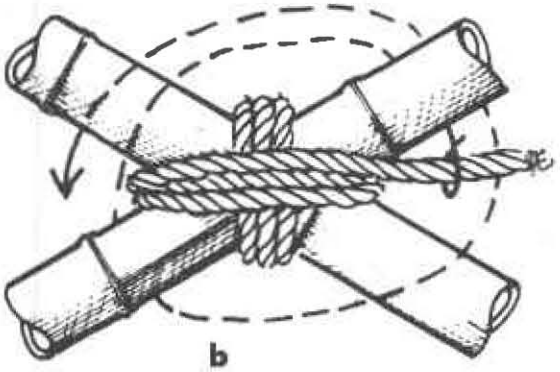


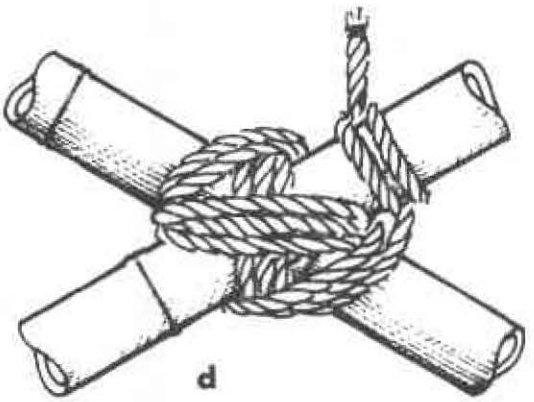
DETALLE 2.5 – F 2

Amarre en aspa; para unir dos bambúes que se cruzan diagonalmente, cuando sus extremos se encuentran fijos. Se emplea entre otros propósitos, para el amarre de 2 riostras diagonales de puentes de caballete o de andamios. Se inicia con el amarre de tarugo indicado en el detalle **2.5–F27** y se termina con un nudo ballestrinque, que se hace sobre una de las diagonales.



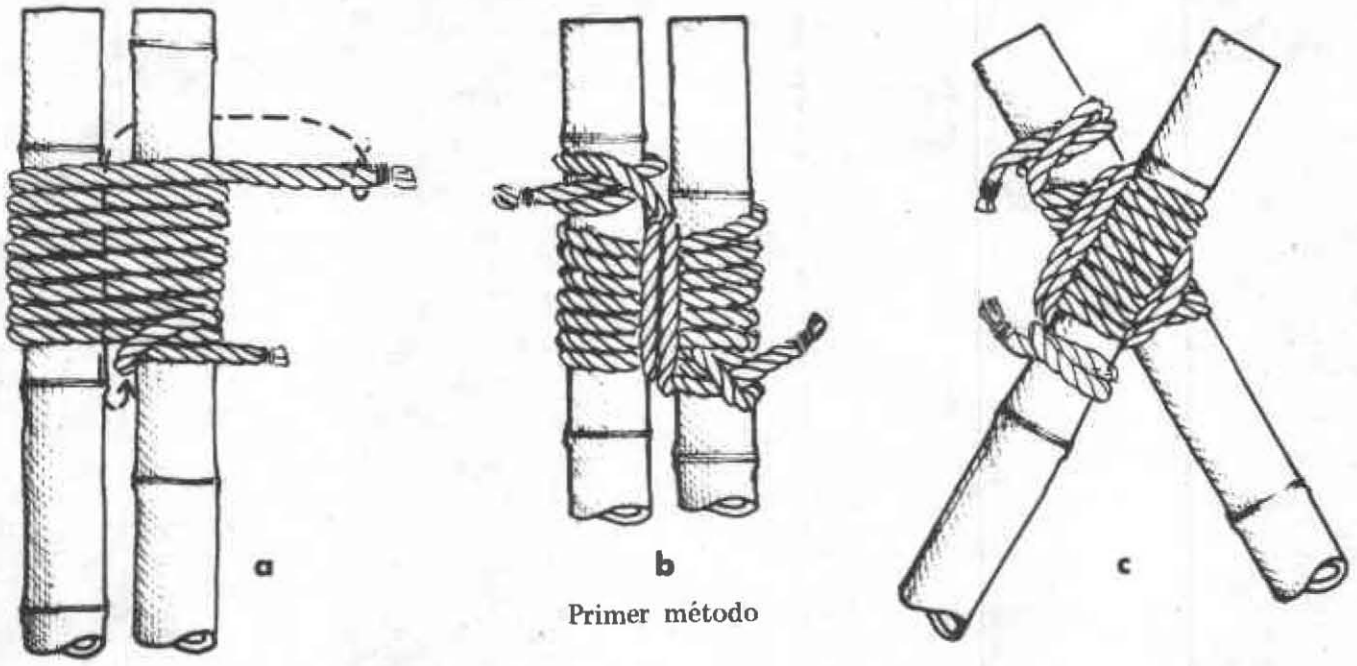






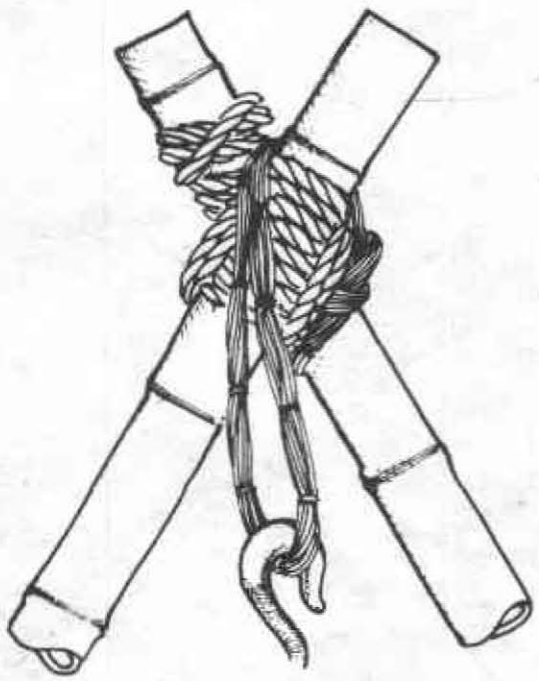
DETALLE 2.5 – F 3

Amarre de tijera. Se hace siguiendo uno de los dos métodos que se indican a continuación:



Primer método

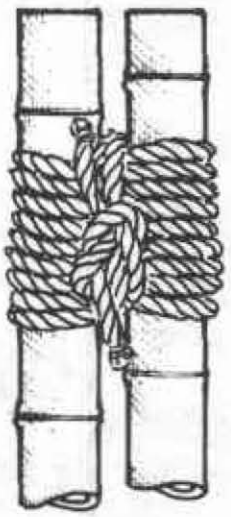
Primer método: Se comienza colocando los dos bambúes paralelamente. Se amarra un extremo de la cuerda en un bambú y luego se envuelven los dos con lazadas horizontales (ver fig. a) que no deben tensionarse demasiado para que permita luego separar los extremos inferiores hasta la distancia deseada. Posteriormente se le dan dos o tres lazadas verticales amarrando luego el extremo libre de la cuerda en el bambú contrario al que se le hizo el primer nudo.

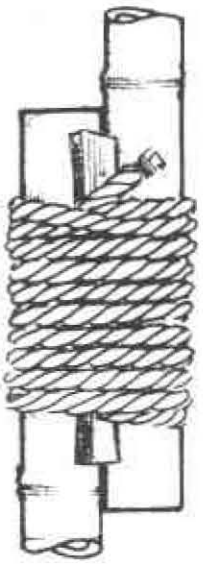


El amarre de tijera se utiliza en la construcción de plumas para levantar cargas verticales.

Segundo método: El amarre se hace comenzando por envolver los dos bambúes con lazadas horizontales dejando libres los extremos de la cuerda que se envuelven luego verticalmente hacia lados opuestos, después de separar los extremos inferiores del bambú a la distancia deseada.

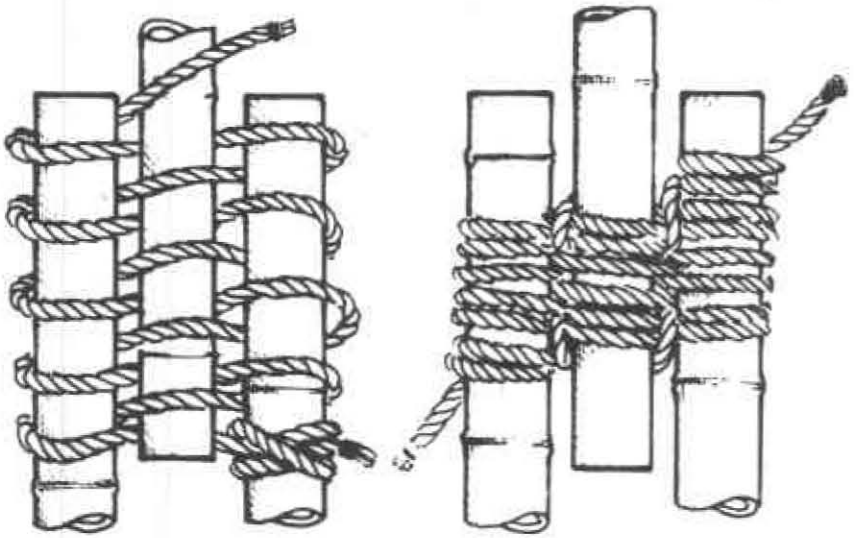
Segundo método





DETALLE 2.5 – F 4

Amarre de extensión Se emplea para unir los extremos de dos bambúes con el fin de obtener un paral de mayor longitud. El amarre se hace en forma similar a la indicada en el detalle F 3 (primer método) con la diferencia de que la cuerda se coloca muy apretada y el nudo final se hace sobre los dos bambúes. Para que la cuerda quede aún más apretada después de hecho el nudo final se introducen clavijas de madera en la forma indicada.



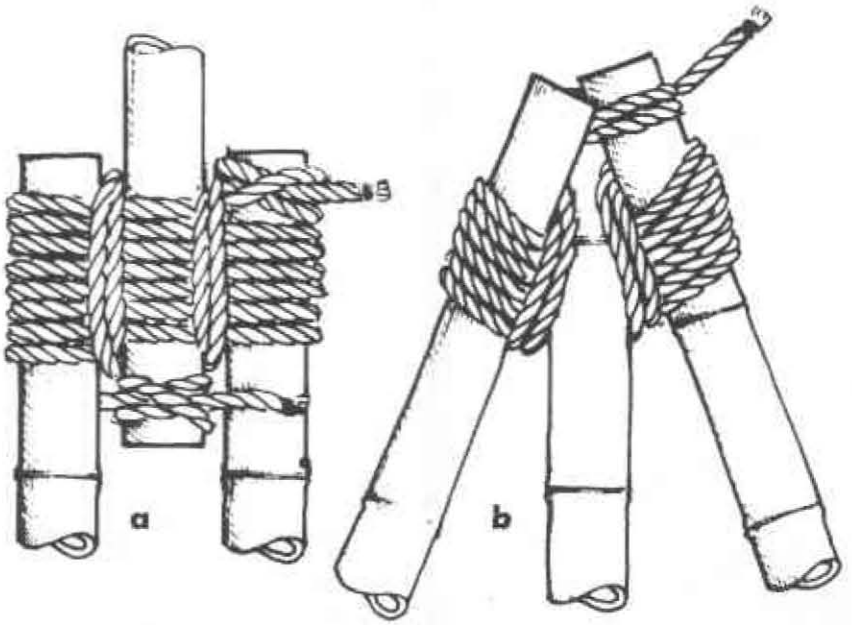
a b

DETALLE 2.5 – F 5

Amarre para trípode. Se hace siguiendo uno de los siguientes métodos:

Primer método: Se amarra primero un extremo de la cuerda en cualquiera de los bambúes y luego se entreteje horizontalmente como se indica en el detalle (a). Luego se entreteje verticalmente entre las lazadas amarrando finalmente el extremo libre en uno de los bambúes.

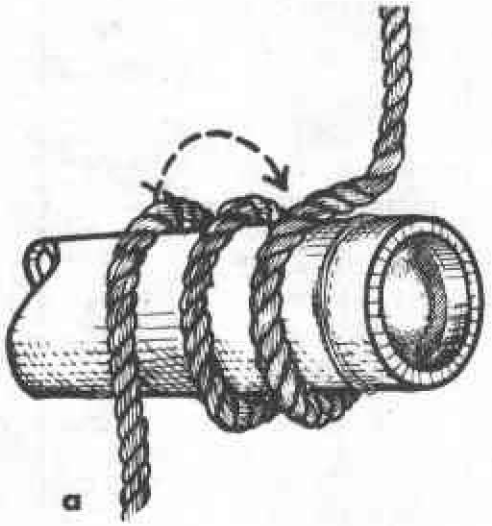
Segundo método: Después de amarrar un extremo de la cuerda de uno de los bambúes, se envuelven los tres con lazadas horizontales. Posteriormente se abren los extremos inferiores a la distancia deseada, hecho lo cual se colocan lazadas verticales entre los bambúes, amarrándose posteriormente el extremo de la cuerda a uno de los bambúes.

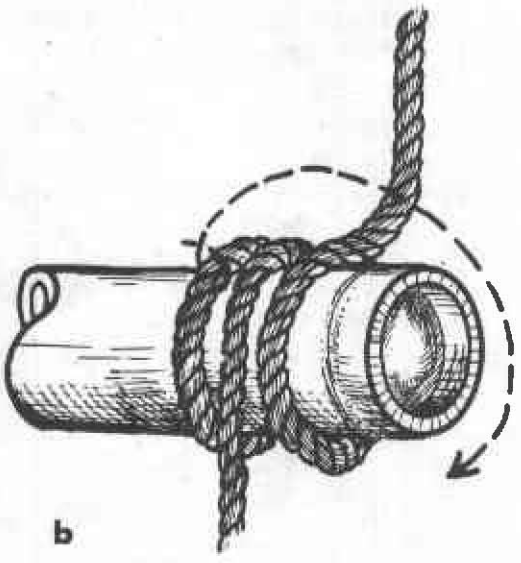


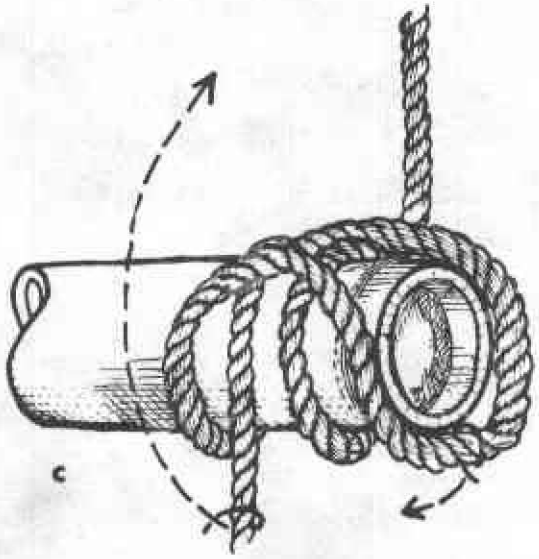
a b

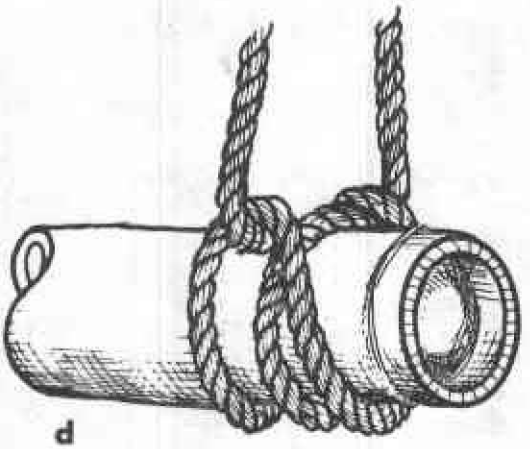
DETALLE 2.5 – F 6

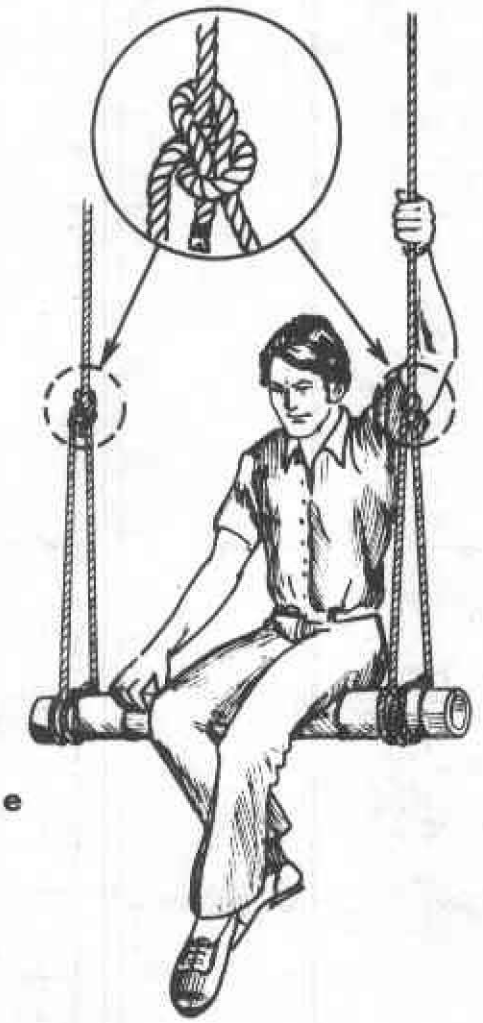
Amarre de balancín. Se hace siguiendo el proceso indicado en a, b, c y d. Se emplea entre otros, en la construcción de andamios colgantes. El bambú puede ser reemplazado por un tablón corto de madera.





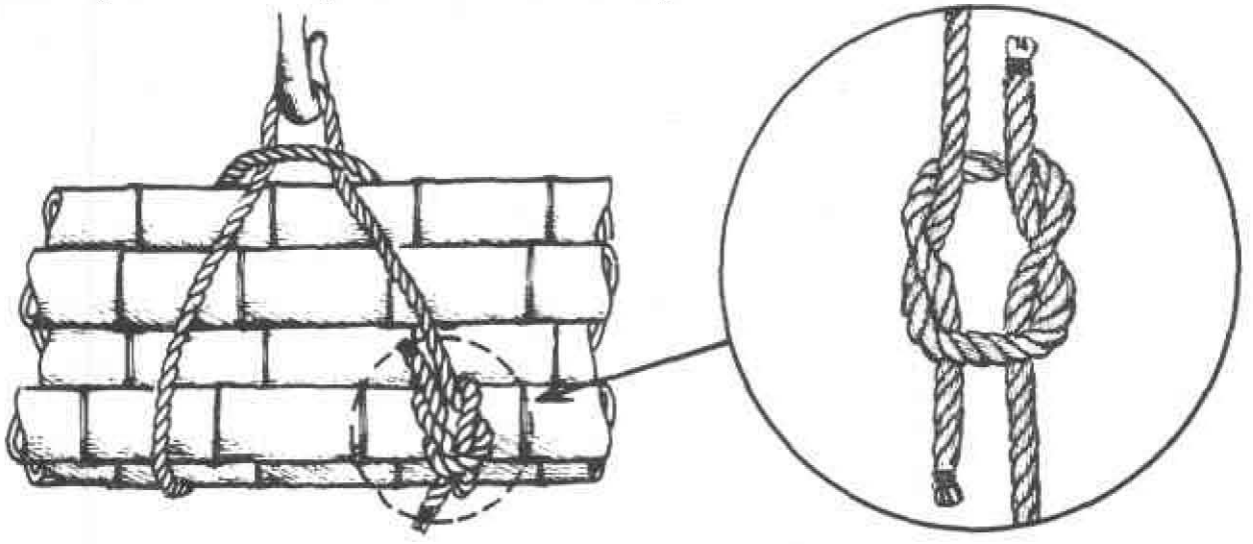


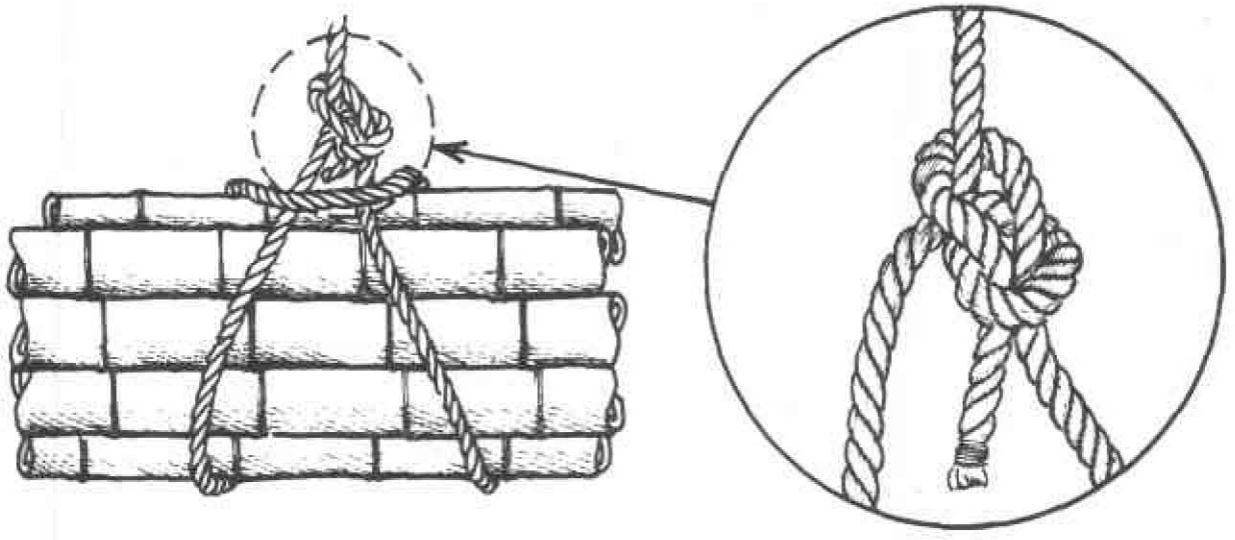


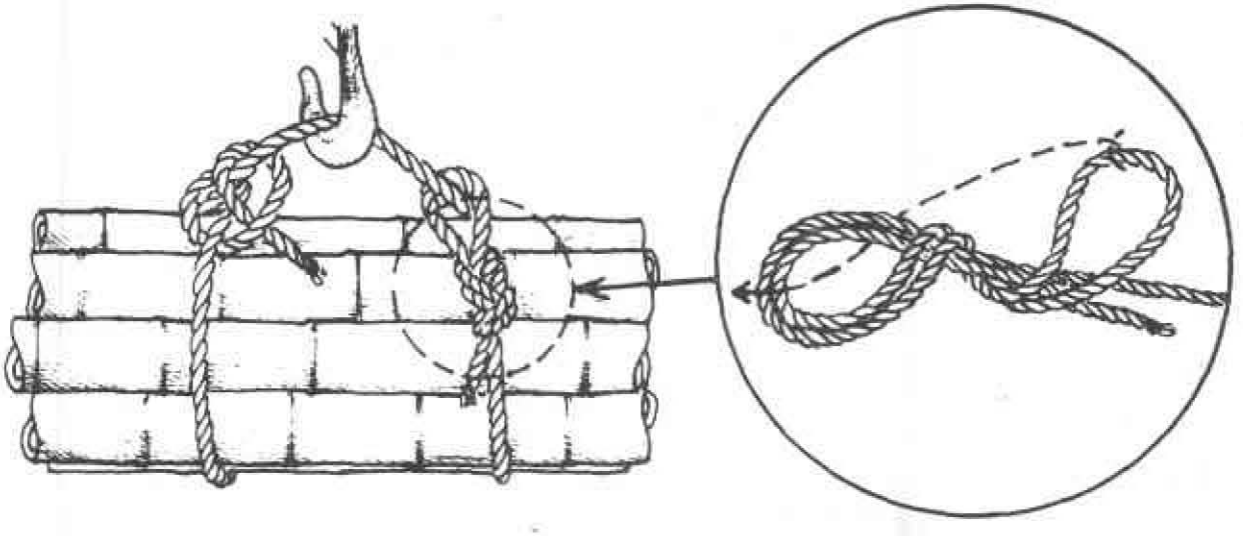


DETALLE 2.5 – F 7

Amarre para transporte vertical de atados de tacos o tarugos de bambú y de otros materiales de construcción. Se indican 3 sistemas que difieren según se utilice un gancho o la misma cuerda para levantarlos.

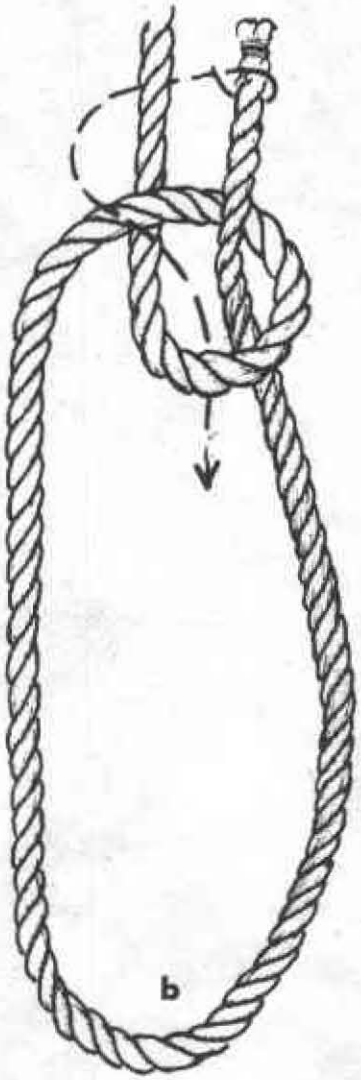






DETALLE 2.5 – F 8

Amarre para la movilización vertical de heridos o de trabajadores. El nudo se hace siguiendo el proceso indicado en los dibujos a, b, c y d.

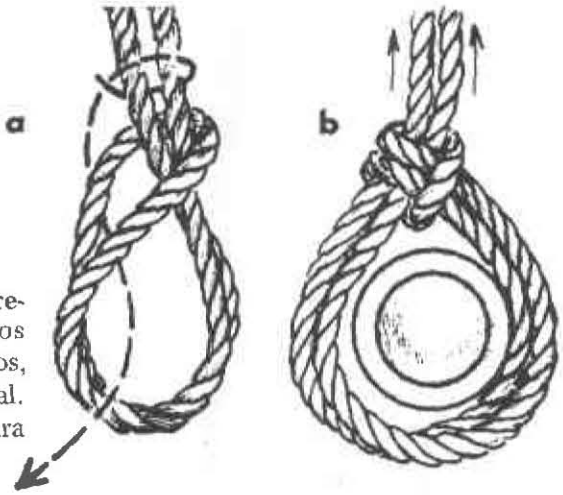


Primer método

Segundo método

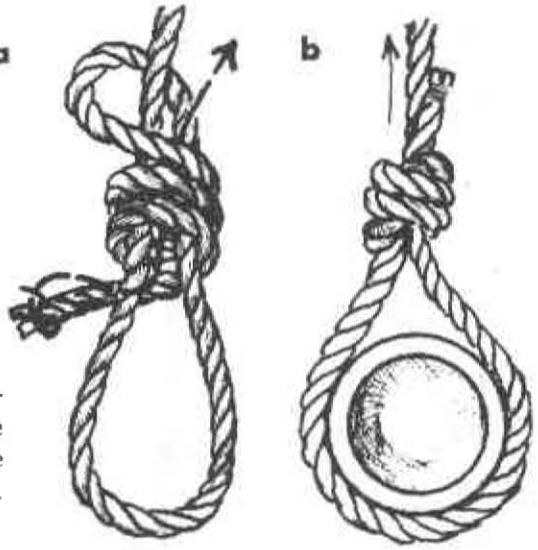
DETALLE 2.5 – F 9

Amarre en ocho, de nudo corredizo. Se hace de acuerdo a los dos métodos indicados. Se emplea en andamios y en la colocación de tensores.



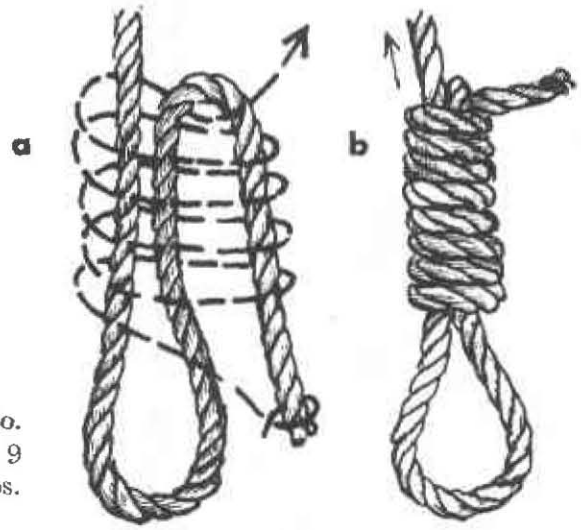
DETALLE 2.5 – F 10

Amarre de doble nudo corredizo, para tensión en las dos cuerdas. Se emplea en andamios, tensores y transporte vertical. Se indican dos métodos para hacerlos.



DETALLE 2.5 – F 11

Amarre múltiple de nudo medio. Tiene la característica de que se desliza con dificultad. Se emplea en andamios o tensores.

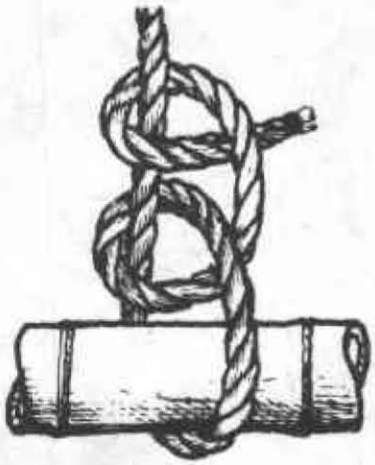


DETALLE 2.5 – F 12

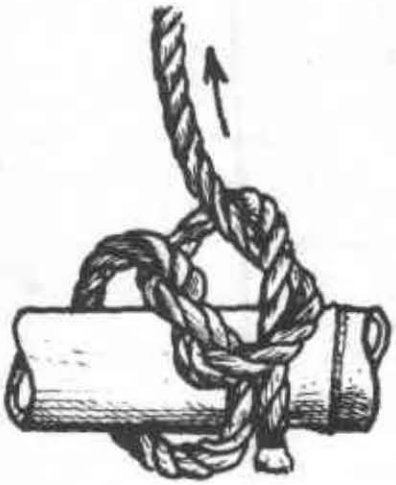
Amarre con nudo del ahorcado. Se hace por lo general con 8 ó 9 vueltas. Se emplea en andamios.

DETALLE 2.5 – F 13

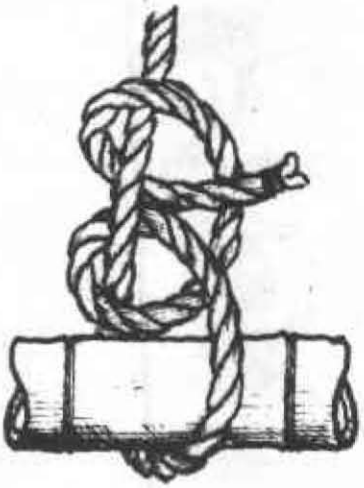
Amarre de dos medias vueltas. No se recomienda para tensión. Se puede hacer en cualquiera de los tres métodos indicados.



Primer método



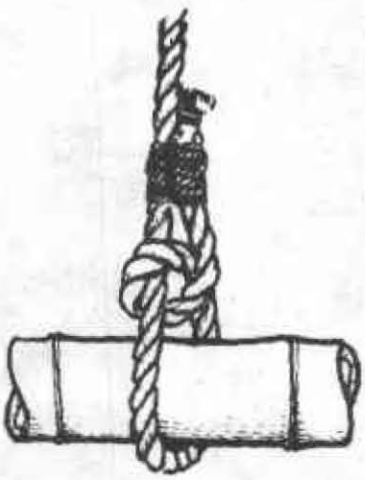
Segundo método



Tercer método

DETALLE 2.5 – F 14

Amarre de media vuelta y unión con hilos. Es mucho más permanente que el F 13.



DETALLE 2.5 – F 15

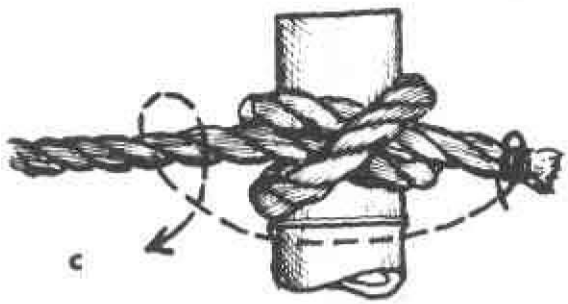
Amarre de doble abrazadera y media vuelta. Es más seguro que el F 14.

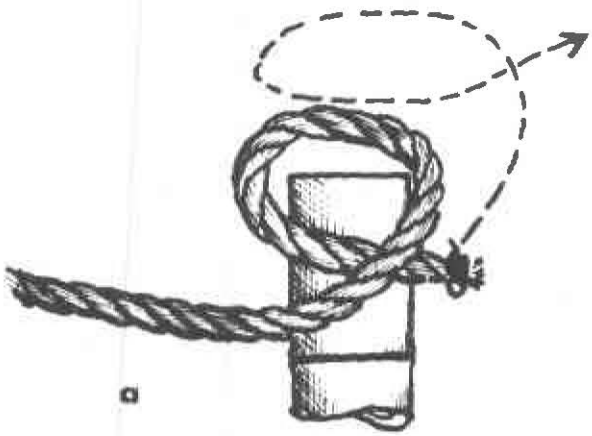
DETALLE 2.5 – F 16

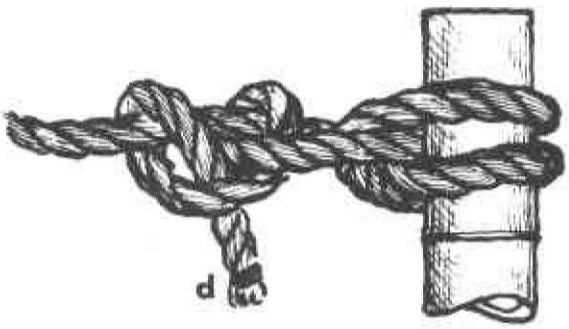
Amarre de vuelta inversa.

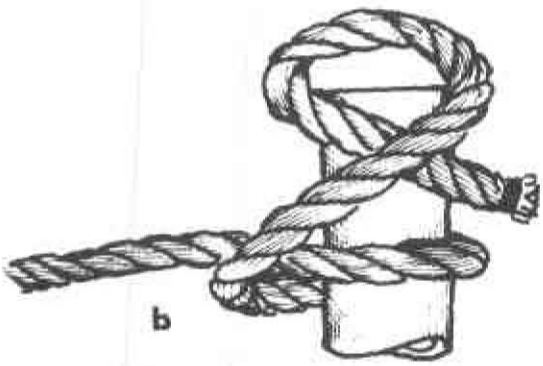
DETALLE 2.5 – F 17

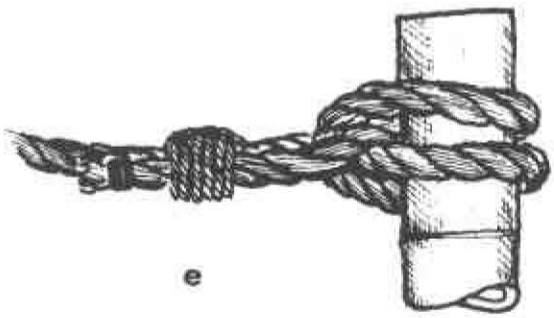
Nudo ballestrinque. Es un nudo básico para muchos usos. Se puede hacer por tres métodos diferentes. Se emplea en tensores, andamios y puentes. Sirve para comenzar y finalizar otros amarres.



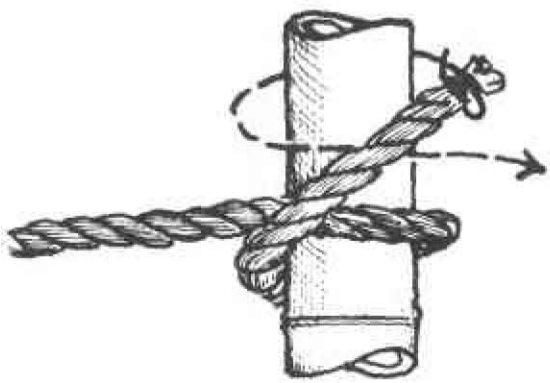




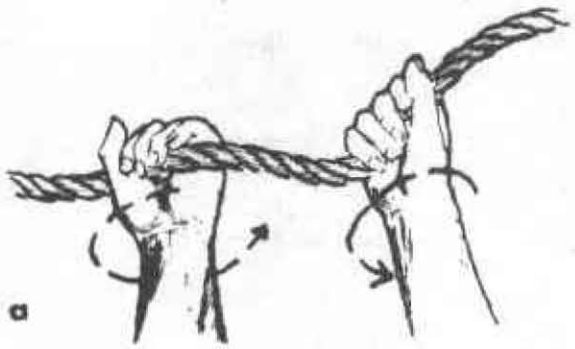




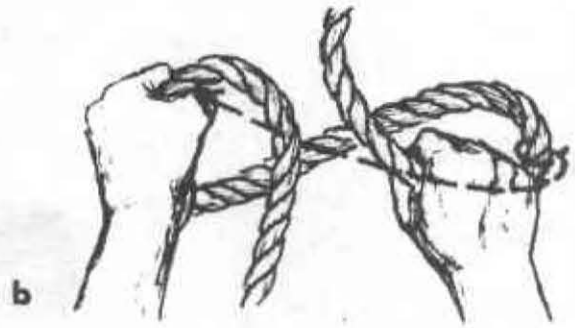
Primer método: Se hace en la forma indicada en a, b, y c, rematándose en la forma indicada en d o en e.



Segundo método: Se emplea cuando el extremo superior del bambú queda muy alto y no es posible utilizar el método anterior.

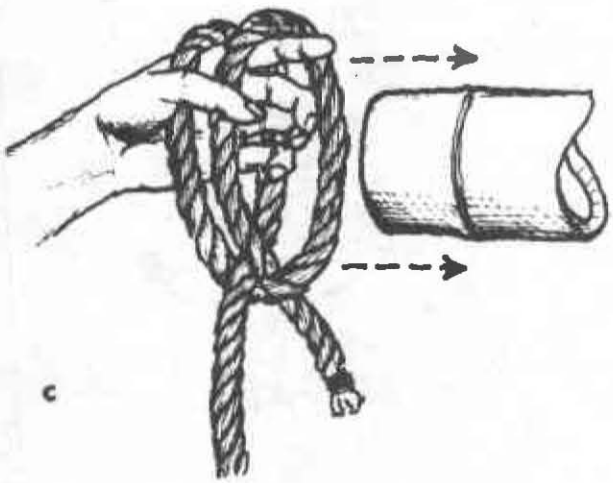


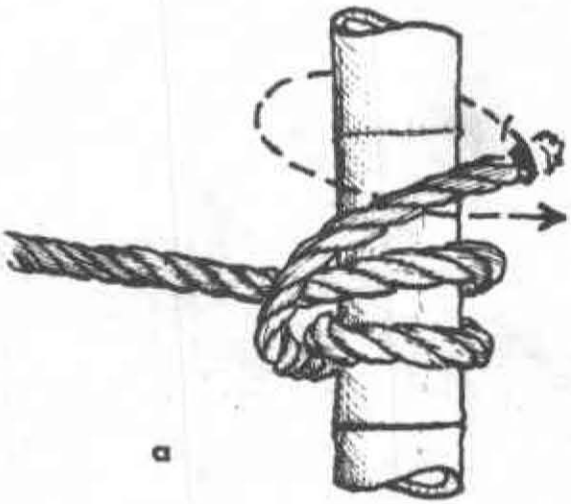
Tercer método: Haciéndose primero el amarre y luego introduciéndose éste por el extremo del bambú.

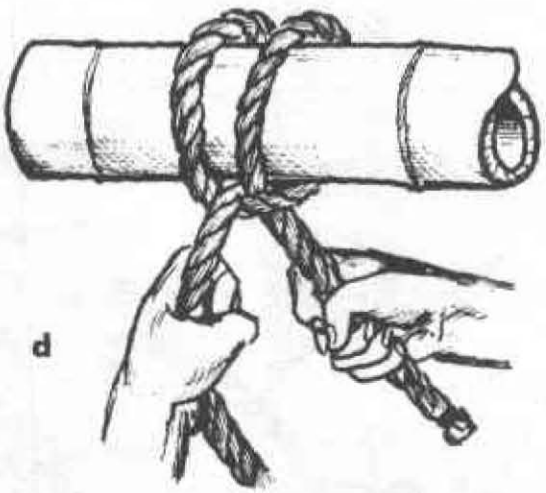


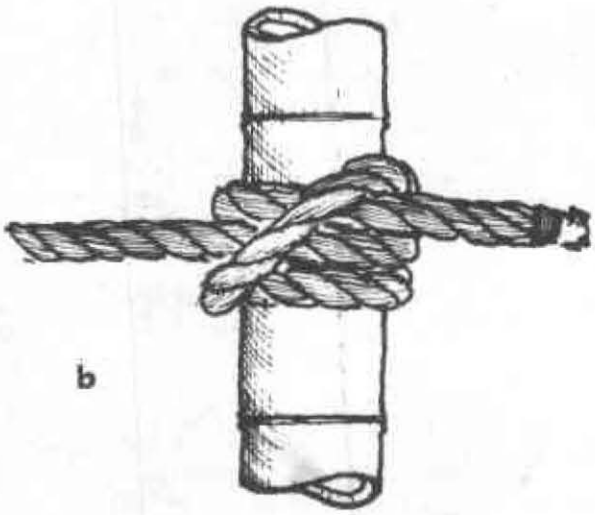
DETALLE 2.5 – F 18

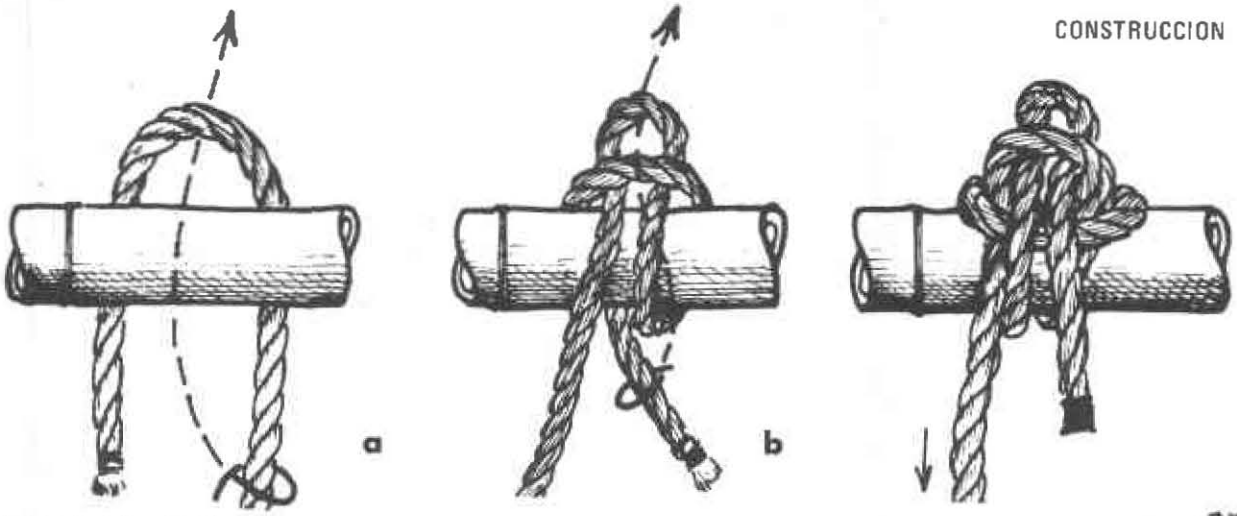
Nudo ballestrinque doble. Para mayor permanencia del amarre, debe hacerse un nudo final similar a los indicados en el detalle F 17, (d y e). Se emplea en andamios y puentes.











DETALLE 2.5 – F 19

Amarre de levita. Tiene la característica de que su nudo se deshace al tirar de su extremo libre.

DETALLE 2.5 – F 21

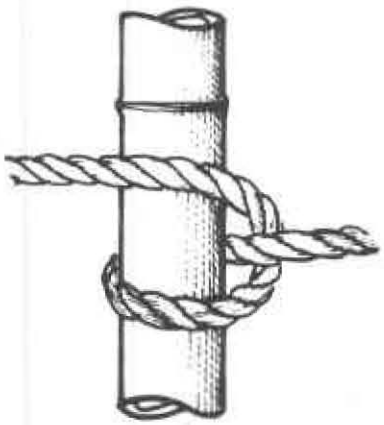
Amarre de manguera. Se emplea para el transporte vertical de bambúes y de mangueras en caso de incendio.

DETALLE 2.5 – F 20

Amarre de telégrafo. Se utiliza en igual forma que el anterior.

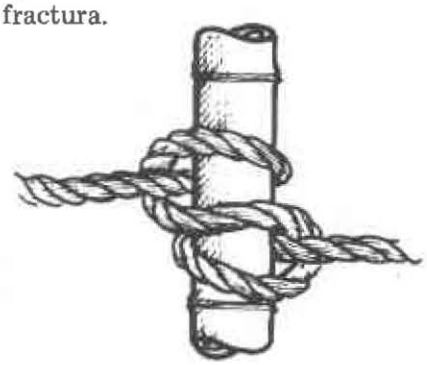
DETALLE 2.5 – F 22

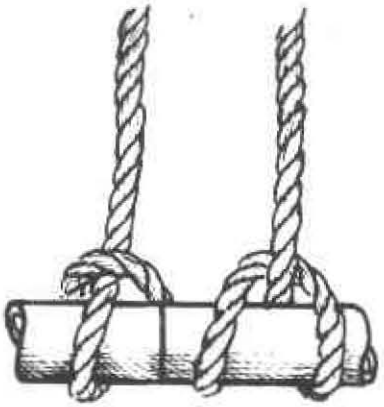
Amarre de tubo. Entre otras aplicaciones se emplea para amarrar los tensores del soporte que se coloca a medio enterrar.



DETALLE 2.5 – F 24

Amarre de doble nudo cruzado Se emplea en igual forma que el F 23. Además se utiliza para aplicar tracción en casos de fractura.





DETALLE 2.5 – F 23

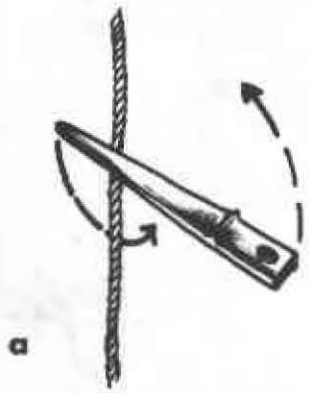
Amarre de nudo cruzado Se emplea en la construcción de cercos temporales.

DETALLE 2.5 – F 25

Amarre de andamio Se emplea para soportar andamios colgantes.

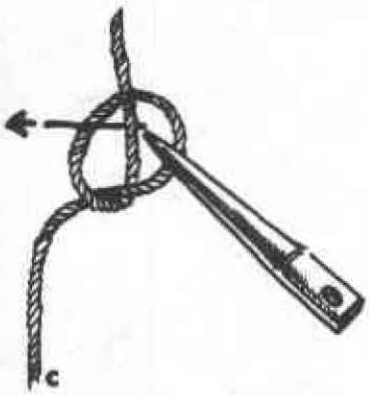
DETALLE 2.5 – F 26

Amarre con pasador de cabo. Se emplea para aumentar la tensión en una cuerda, reduciendo su longitud.

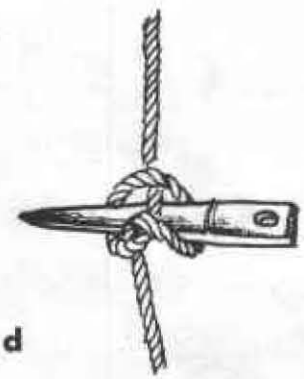


a

b



c

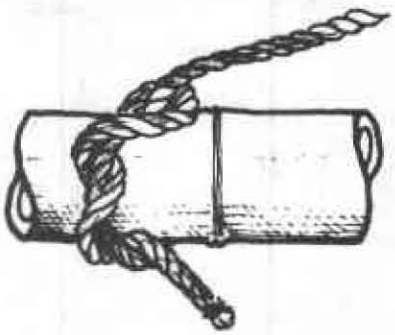


d

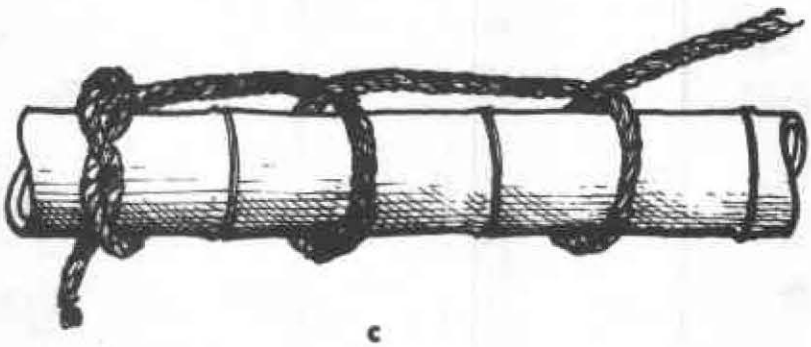
DETALLE 2.5 – F 27

Amarre de tarugo. Se emplea para asegurar un bambú que va a ser levantado o arrastrado. Para que su extremo conserve una dirección perpendicular se complementa el amarre en la forma como se indica en (c).

a



b

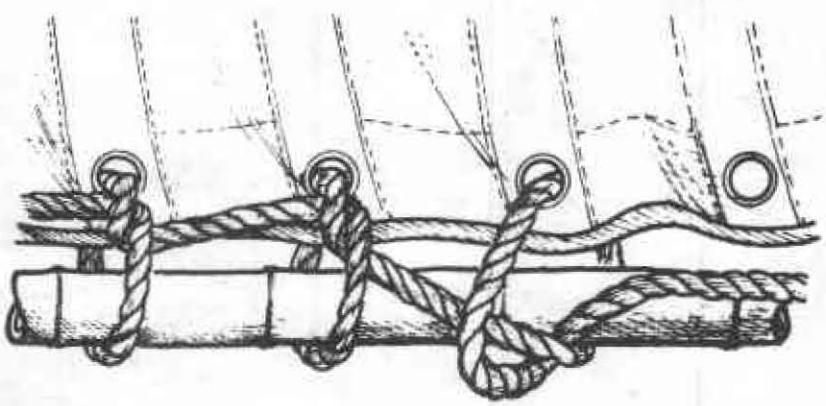


c

DETALLE 2.5 – F 28

Amarre de espiga. Se emplea entre otros para asegurar un toldo o cubierta de tela o plástico a un bambú horizontal.

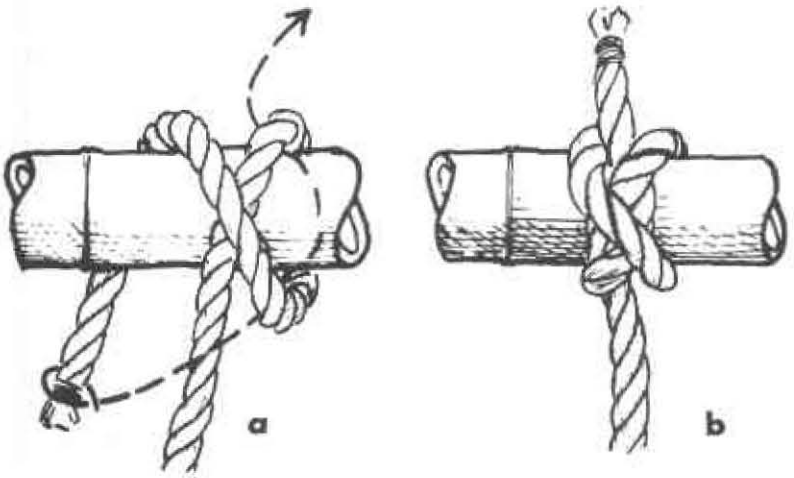
a



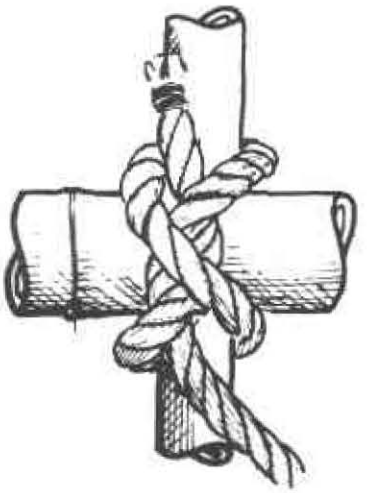
b

DETALLE 2.5 – F 29

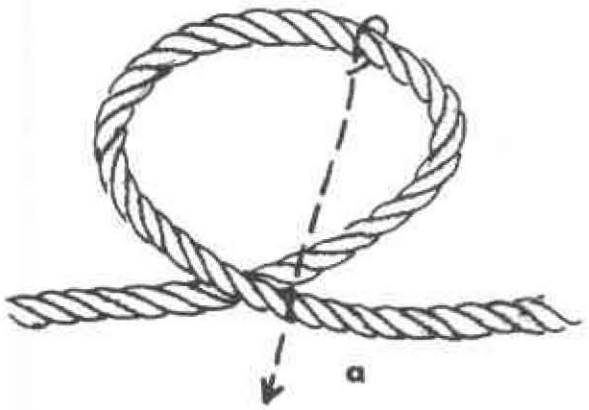
Amarre con nudo constrictor. Es un nudo muy seguro y se emplea con muchos propósitos. Se adhiere en forma muy fuerte impidiendo la expansión o dilatación de lo amarrado. Se hace siguiendo uno de los métodos que se indican a continuación:



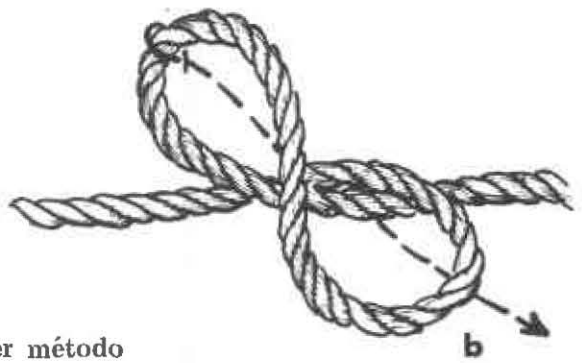
Primer método

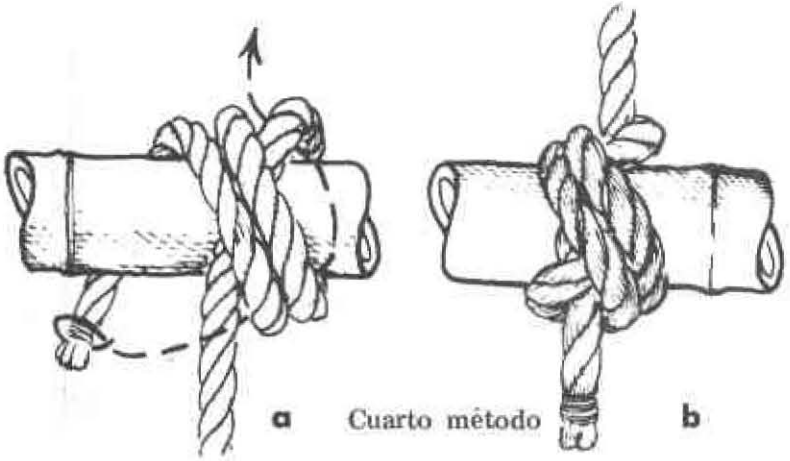


Segundo método



Tercer método





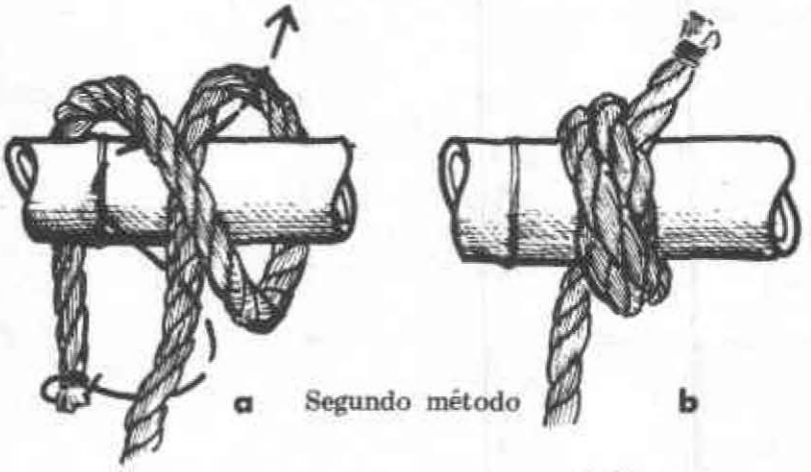
Cuarto método

Quinto método

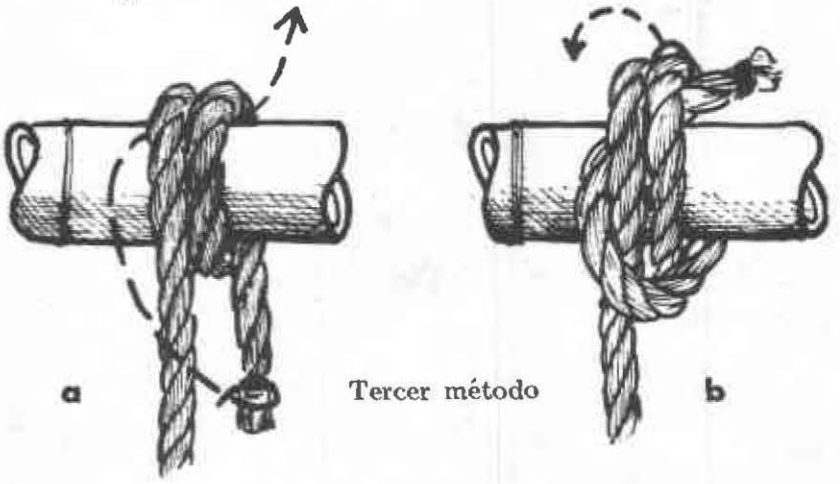
DETALLE 2.5 – F 30

Amarre con nudo estrangulador. Es similar en su aplicación y forma al constrictor pero no aprieta con igual presión. Se hace siguiendo uno de los 3 métodos que se indican.

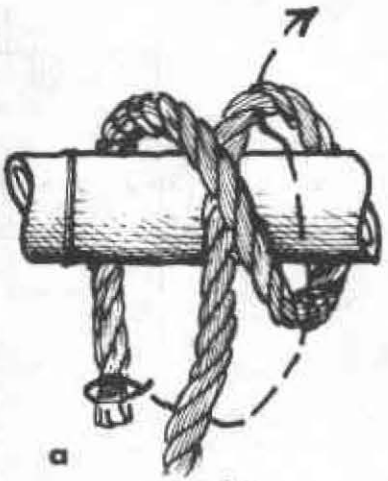
Primer método



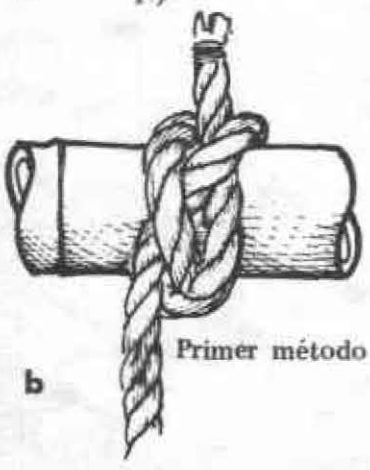
a Segundo método b



a Tercer método b



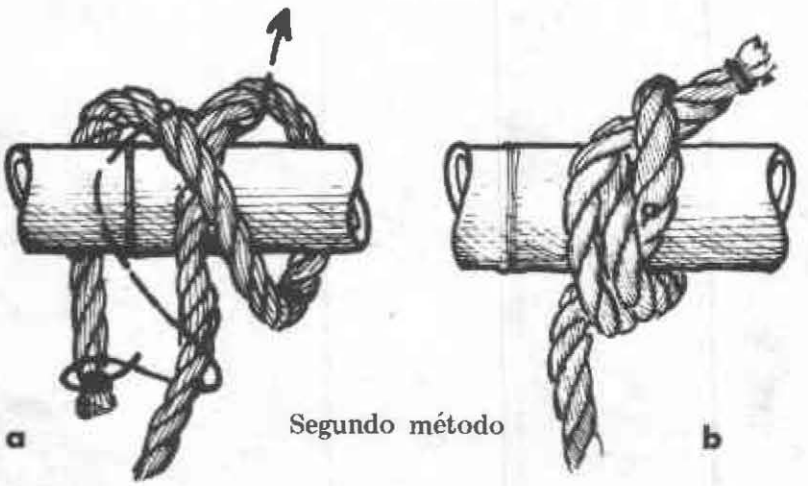
a



b Primer método

DETALLE 2.5 – F 31.

Amarre de saco. Se emplea tanto para tensores como para amarrar sacos. Se indican dos métodos para hacerlo.



a Segundo método b

2.5.4 LOS TABLEROS DE ESTERILLA DE BAMBU COMO MATERIAL DE CONSTRUCCION.

2.5.4.1 Preparación

El tablero de esterilla se obtiene de desarrollar un sector del tallo de bambú hasta volverlo plano. Esta operación se logra haciendo primero, con una hachuela o un machete, una serie de incisiones longitudinales, equidistantes, en toda la periferia de cada uno de los nudos del tallo. Posteriormente, el tallo se corta longitudinalmente por un lado partiendo al mismo tiempo los tabiques de los internudos. Luego se abre hasta formar un tablero plano y con el machete se remueven los tabiques salientes y la capa blanca de la pared interna del tallo, hasta dejarlo más o menos de un mismo espesor. Por lo general el ancho del tablero obtenido varía entre 30 y 40 centímetros.

2.5.4.2 Aplicación

El bambú transformado en esterilla, es uno de los materiales de construcción que mayor aplicación tiene no solo en los países latinoamericanos que disponen de este material, sino particularmente en los países del sureste asiático donde tiene un uso más diversificado y tecnificado. En estos últimos países se elaboran grandes paneles de fajas de esterilla tejidas con las cuales se construyen paredes exteriores e interiores, pisos y cielos rasos. Por otra parte se emplean en la fabricación de grandes y fuertes canastos que se utilizan para el almacenamiento y transporte de productos agrícolas. El tejido más comunmente empleado en los propósitos indicados es el que se denomina "sawale" en Filipinas

De los países latinoamericanos, los que mayor uso hacen de este material son Colombia y Ecuador; donde se emplea no solo en la vivienda rural ya sea de madera o de bambú, sino también en la construcción de todo tipo de edificios de ladrillo o de concreto en los cuales se utiliza con propósitos muy definidos.

Canasto de bambú, tejido en Sawale empleado en Filipinas para almacenar harina y otros productos.

En la vivienda rural, la esterilla se emplea algunas veces en forma muy rudimentaria, lo que por lo general depende del nivel económico de sus propietarios. Con ella se construyen pisos, paredes exteriores e interiores y cielos rasos que la mayoría de las veces se recubren con un repello. También se usa en los techos para soportar las tejas de barro; y en los baños y o zonas sanitarias, para recibir la losa de concreto simple que sirve de piso.

En las construcciones de ladrillo ya sea de la ciudad o del campo, la esterilla, por ser un material de bajo precio, se utiliza en cielos rasos y como soporte de la teja de barro. Por la misma razón se emplea en la construcción de edificios de concreto en los cuales tiene una aplicación muy diversificada pero definida como se describe a continuación.

La fotografía izquierda muestra la forma elaborada como se utiliza la esterilla de bambú en la construcción de muros exteriores en las viviendas de Bengala Oriental, Pakistán; y la derecha, la forma rústica como se emplea en Colombia.

2.5.5 USOS DEL BAMBU EN LA CONSTRUCCION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO

El bambú es el único material de origen vegetal, que puede ser utilizado en la construcción completa de una estructura de concreto, tanto como refuerzo del mismo, en lugar de las varillas de acero que comunmente se utilizan; como en la construcción total de la estructura secundaria constituida entre otros por el encofrado y el apuntalado del mismo que le dan al concreto la forma deseada y lo mantienen en posición hasta que este adquiere la suficiente resistencia para sostenerse solo.

Hasta el presente se han realizado varios estudios experimentales sobre el empleo del bambú como refuerzo en el concreto, con resultados satisfactorios. Dada la importancia de este tema, se dedica una sección especial, en la cual se resumen la mayor parte de los experimentos hasta hoy realizados. Vale la pena anotar que en ningún país latinoamericano se han efectuado experimentos sobre este particular.

2.5.5.1 Encofrados

El encofrado tiene como fin dar al concreto su forma definitiva ya sea que se utilice en losas, columnas, vigas, muros, escaleras, como en elementos prefabricados. Debe estar hecho en forma tal que pueda soportar sin deformación perjudicial o visible, las diversas cargas a que es sometido durante la ejecución de la obra; y que permita ser fácilmente desarmado una vez que el concreto alcance una resistencia apropiada.

El encofrado de losas de concreto, construido en bambú, está formado por dos elementos: el apuntalado o soporte del molde, y el molde propiamente dicho que por lo general está constituido por cajones o casetones de guadua como se les denomina en Colombia, que tienen como fin aligerar las losas.

2.5.5.2 Apuntalado y Soporte

El apuntalado y soporte de los casetones está constituido por una plataforma con piso de esterilla de bambú sostenido por viguetas de bambú colocadas paralelamente con una separación entre centros de 40 cms. Estas viguetas por lo general descansan entre vigas o largueros de bambú, espaciados entre 60 y 80 cms., según el diámetro y espesor del bambú, que se apoyan sobre puntales o tacos de bambú colocados a una distancia comprendida entre 60 cms. y 1 metro, según las dimensiones del bambú.

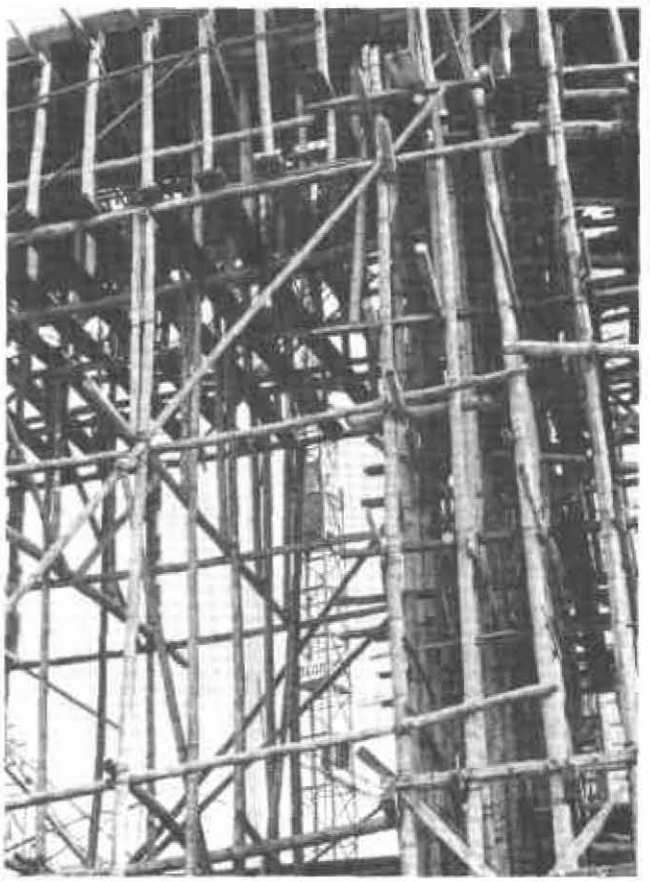
Como zapata del puntal se emplean tablas o tablones de madera, sobre los cuales se colocan las cuñas elevadoras de madera. Con este propósito es importante tener en cuenta al cortar los puntales, de dejar un nudo próximo al extremo inferior con el fin de evitar el astillamiento del bambú al introducir a golpes de martillo la cuña elevadora.

Este sistema que es muy utilizado en Colombia y Ecuador en la construcción económica de losas de concreto reforzado, presenta algunos pro-

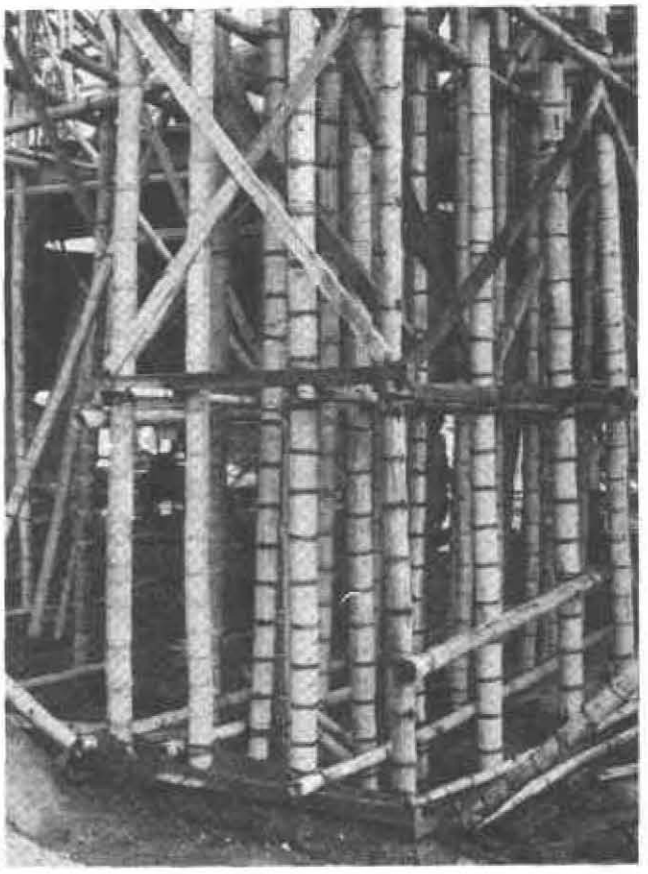
La fotografía muestra la forma cómo se colocan las cuñas elevadoras del puntal, las que una vez introducidas se aseguran a la tabla de madera, que sirve de zapata, por medio de puntillas que se dejan a medio clavar para facilitar su ajuste o remoción.

blemas que en la mayoría de las veces son subsanables. Por ejemplo: algunas veces la esterilla que se emplea no ha sido cortada para este propósito y queda muy abierta lo que hace necesario taponarla con el papel de los sacos de cemento para evitar que el agua cemento de la mezcla se cuele a través de la ranuras

Por otra parte la forma ahusada del bambú o sea la diferencia de diámetro entre un extremo y otro del tarugo, presenta dificultades cuando no es posible utilizar como vigueta bambúes casi iguales en diámetro o en forma, ya que al colocarlos sobre la viga unos quedan más salientes que otros, lo cual dificulta nivelar el piso de la plataforma. Cuando la diferencia de los bambúes es muy poca, se colocan cuñas por debajo de los de menor diámetro para elevarlos a la posición de los más altos. Pero cuando la diferencia es apreciable y no es posible reedistribuir las viguetas, entonces es necesario suprimir los largueros o vigas de bambú y apoyar directamente las viguetas sobre puntales para facilitar su elevación aislada por medio de las cuñas del puntal. En estos casos deben colocarse un mayor número de riostras horizontales y diagonales en ambos sentidos amarrando los puntales. La separación de los puntales no debe ser superior de 60 cms.

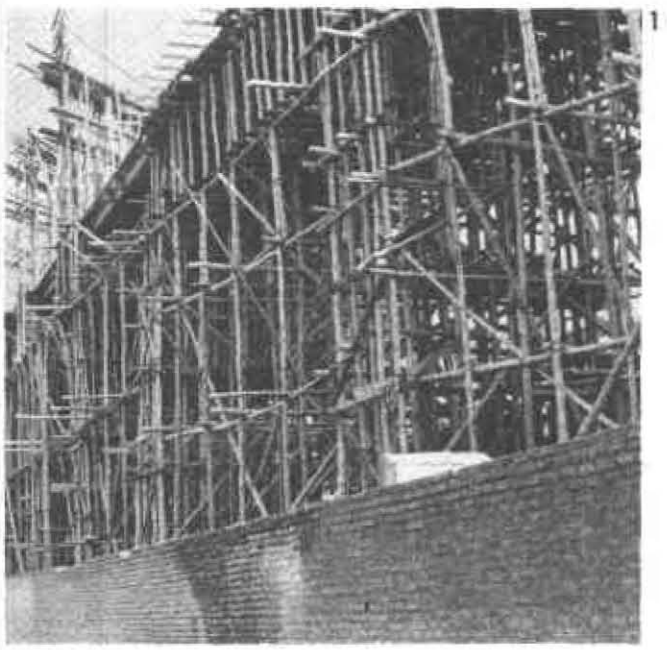


2



3

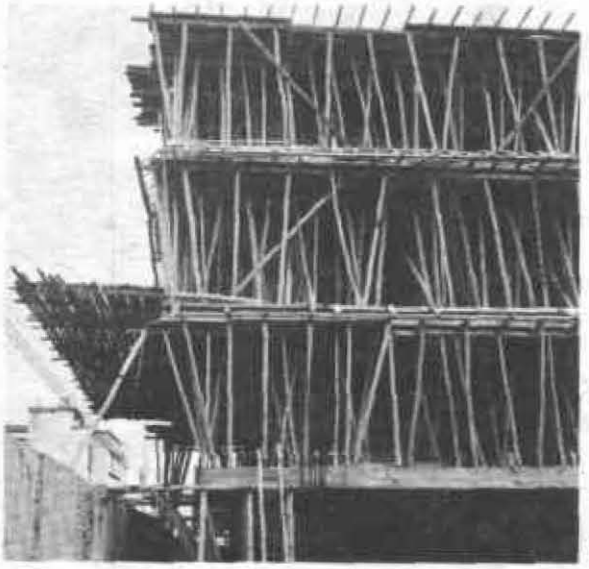
Las fotografías muestran diversos aspectos del apuntalado del encofrado de la estructura de concreto de un estadio construido en Cali; en las cuales se pueden observar: la forma como se empalman *los bambúes verticalmente, el sistema de arriostramiento y los gran*des machones de bambú que sostienen los pórticos sobre los cuales se colocaron los elementos prefabricados que forman la gradería.



1

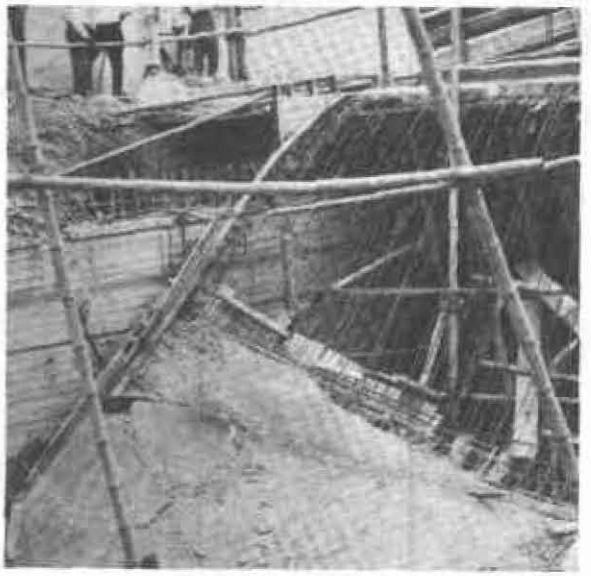
Colocación correcta de los puntales. Los puntales de bambú deben colocarse verticalmente y asegurarse por medio de riostras horizontales y diagonales en ambos sentidos. Si los puntales se colocan inclinados, como se observa en las fotografías 1 y 2, la resultante de las presiones hechas por los puntales podría ser mayor en un sentido, en el momento de fundir la losa, lo que podría tener graves consecuencias. Compárese en la fotografía 2 el apuntalado incorrecto del edificio en construcción del primer plano con el de la torre que se ve al fondo.

La colocación inapropiada de riostras y el empleo de puntales defectuosos de bambú, pueden ocasionar fallas tan serias como la que se aprecia en las fotografías 3, 4 y 5 correspondientes a un puente de concreto que se desplomó en el momento en que se efectuaba su fundición, por las causas anotadas. En la fotografía 5 se muestran dentro de los círculos el mal estado de los bambúes utilizados. La flecha indica el sentido en que se desplazó uno de los soportes colocados en la pared por estar mal arriostrado, siendo esto el origen de la falla.

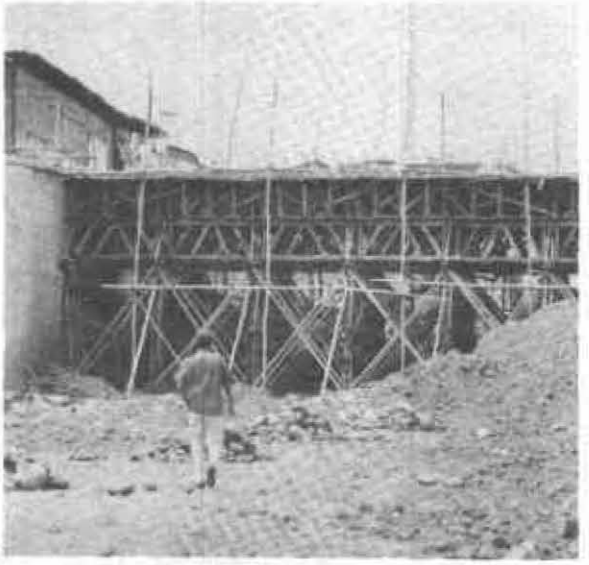


1

2

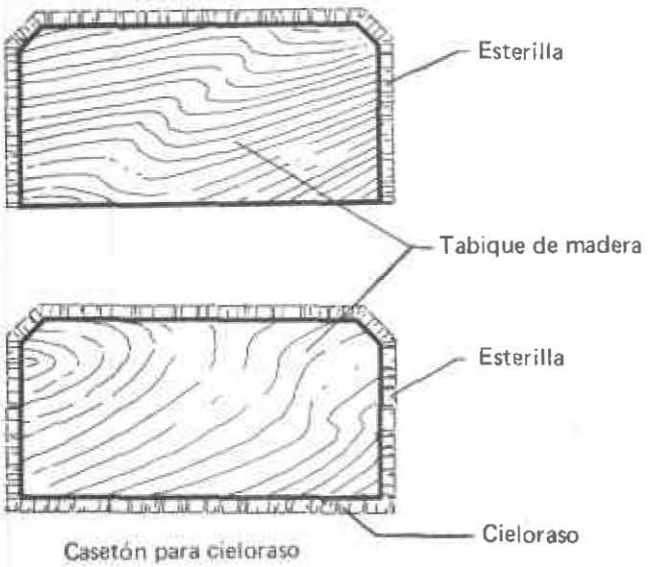


3

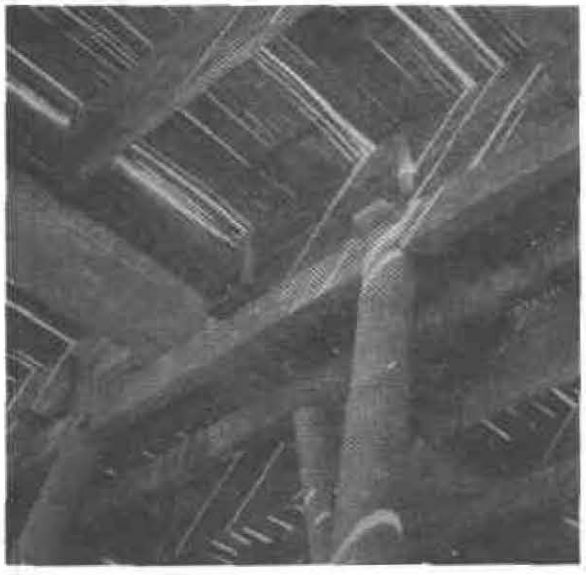


4

5



Casetón para cieloraso



2.5.5.3 Moldes de Bambú - Casetones.

Los moldes de bambú o casetones de guadua, como se denominan en Colombia, se emplean en la construcción de losas de concreto para darle la forma requerida a las vigas y viguetas, sirviendo además de soporte del recubrimiento superior de la losa como del cielo raso en la parte inferior. Estos cajones se emplean en lugar de prefabricados de concreto o de arcilla, que por lo general son muy costosos y por otra parte aumentan la carga de la losa.

El casetón consiste en un cajón de forma alargada o cuadrada, según el caso, con tabiques o costillas de madera, sobre los cuales se clava la esterilla de bambú, en la misma forma como se aplica en muros de bahareque o en cielorasos. El cajón puede tener sus cuatro lados longitudinales cubiertos con esterilla si su parte interior se va a utilizar como soporte del repello del cieloraso. En caso contrario solo se cubren 3 de sus lados.

En la elaboración de los cajones deben tenerse en cuenta los siguientes cuidados:

1. Algunos constructores tienen la costumbre de hacer los casetones dejando la parte externa del bambú, o sea la brillante, a la vista, y la parte blanca en contacto con los tabiques de madera; sin embargo, lo más recomendable es hacer todo lo contrario. La razón de ello es que la parte externa del bambú es más résistente que la interna. Como los obreros algunas veces no tienen la precaución de colocar tablas sobre los casetones para caminar sobre ellos, sino que los pisan; existe menos peligro de que se parta la esterilla si la parte externa de ésta se coloca hacia abajo y por consiguiente se evitan más accidentes. Por otra parte en los cielorasos la esterilla debe quedar con la parte blanca a la vista porque el mortero tiene más agarre sobre ésta que sobre la brillante.
2. Al clavar la esterilla sobre los tabiques de madera, es recomendable colocar las puntillas con una separación máxima de 8 a 10 cms, uniendo sus cabezas con alambre galvanizado para que sirva de soporte de la esterilla entre puntilla y puntilla.
3. La separación entre los tabiques de madera no debe ser mayor de 40 cms.

Una vez listos los casetones, se colocan entre el refuerzo de las vigas y viguetas de la losa, en la forma como se muestra en la fotografía superior.

Algunas veces para obtener una mayor economía, los casetones no se colocan sobre una plataforma de madera o de esterilla sino que se apuntalan directamente como se muestra en la fotografía inferior.

2.5.5.4 Andamios.

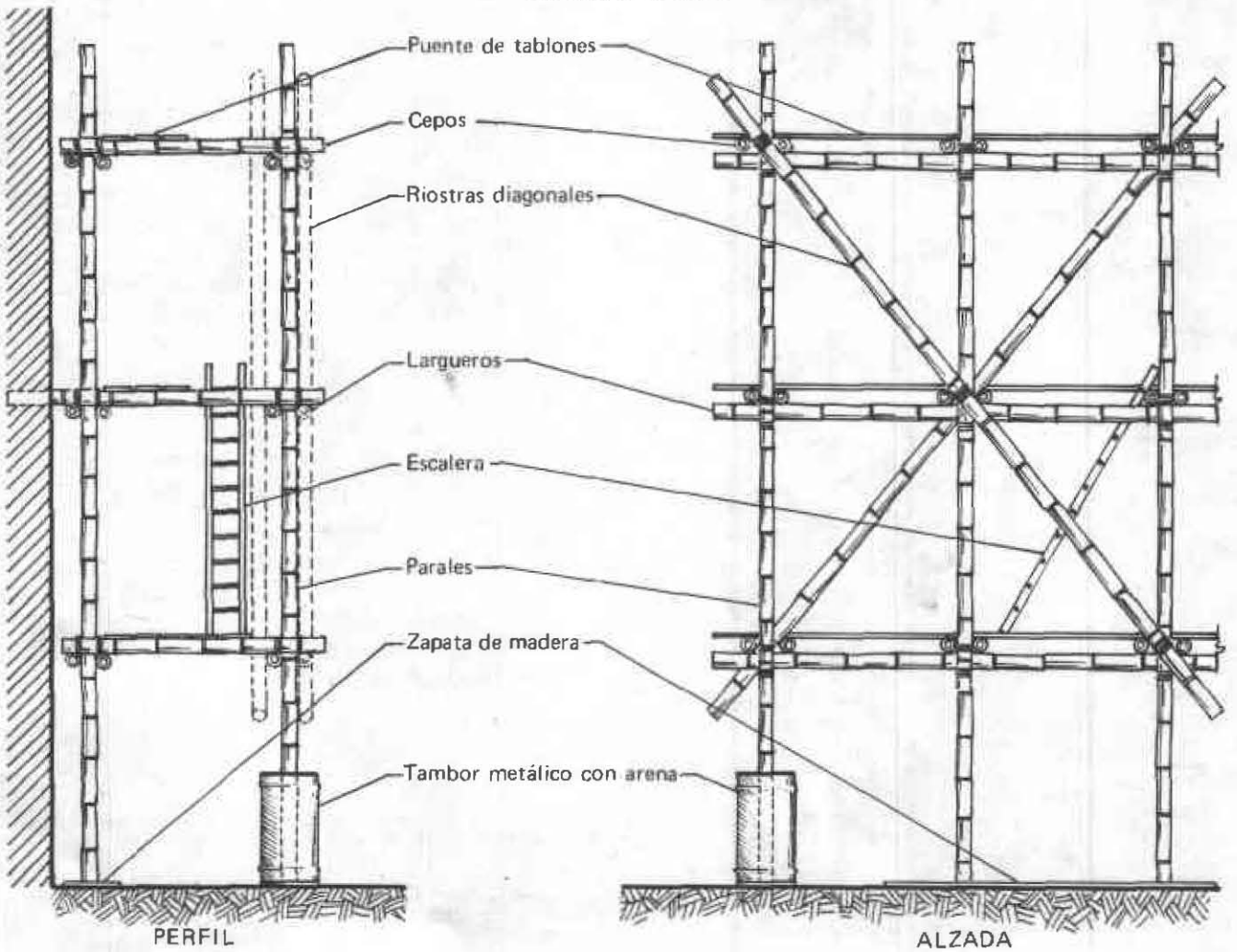
Uno de los mayores usos que el bambú tiene en Colombia y Ecuador, como en algunos países asiáticos, es en la erección de andamios provisionales destinados a sostener obreros y materiales, para la construcción de estructuras o para la reparación de todo tipo de edificios.

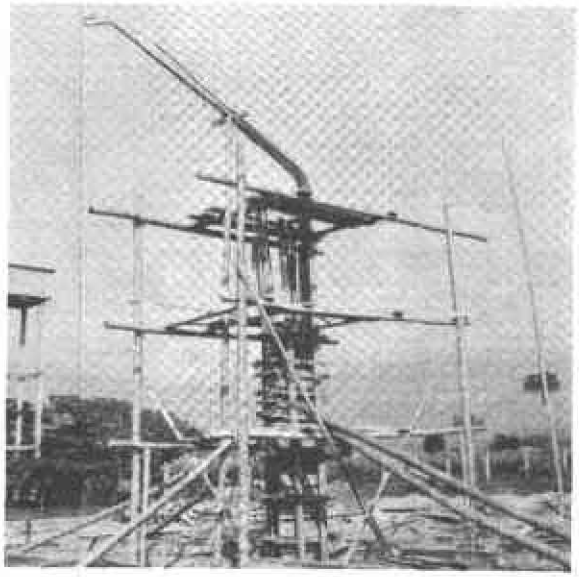
En Colombia, hasta hace algunos años, se emplearon para la construcción de los grandes edificios e iglesias, gigantescos andamios totalmente construidos en bambú, muchos de los cuales constituyeron verdaderas obras de ingeniería. En la actualidad, los andamios metálicos que ofrecen mayor seguridad y rapidez de erección, han desplazado el empleo del bambú, solo en la construcción de andamios muy altos.

Los tipos de andamios que más comunmente se utilizan son: el andamio sencillo de un solo paral, que se emplea por lo general en la construcción de todo tipo de muros; y el andamio doble, de dos parales, que se utiliza principalmente en la construcción de estructuras y en el acabado de fachadas de edificios, entre otros. En el andamio sencillo, los cepos o secciones de bambú que sirven de apoyo a los tablones del puente, se apoyan de un extremo, en ojadas que se dejan en el muro; y del otro, en largueros sostenidos por una hilera de parales colocados entre sí a una distancia entre 1,20 y 2 metros, según la altura del andamio y las dimensiones del bambú utilizado. En el andamio doble, los cepos se apoyan en largueros sostenidos por dos hileras de parales.

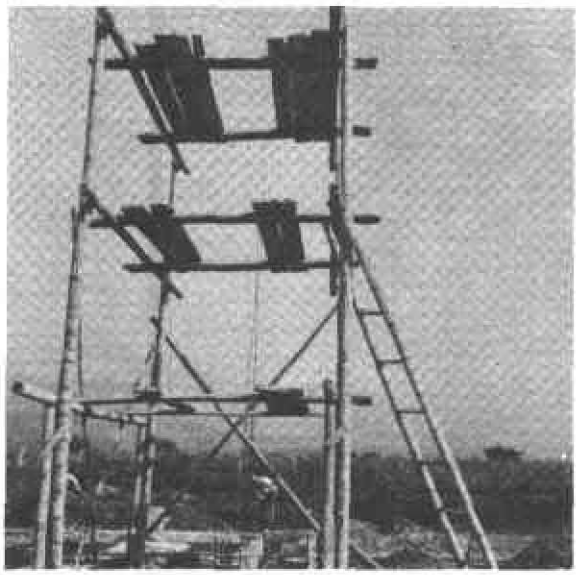
El extremo inferior de los parales, de no enterrarse, se apoyan sobre zapatas de madera o se introducen en tambores metálicos que luego se llenan con arena, como se indica en el dibujo adjunto, que muestra la forma como se construye un andamio doble. Es importante anotar que como medida de seguridad se deben colocar dos cepos, en lugar de uno, en la unión de cada paral con los largueros y si es del caso debe adicionarse uno en el centro según la resistencia del tablón que se utilice.

ANDAMIO DOBLE

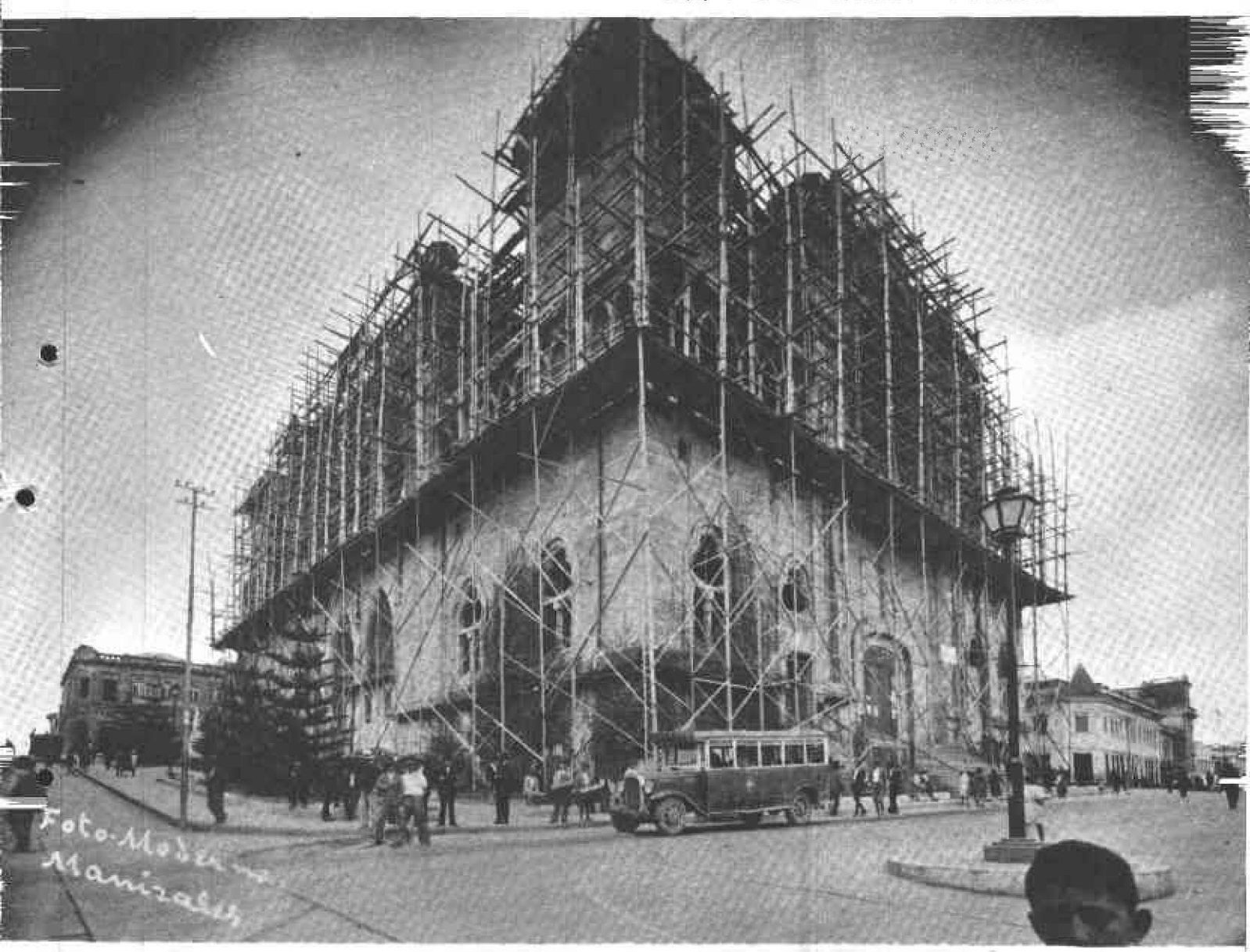




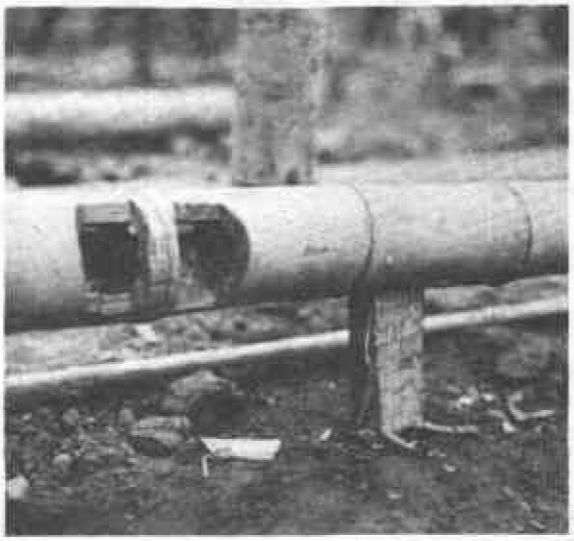
Andamios de bambú utilizados en la armada del refuerzo y fundida de columnas de concreto.



Fotografía de la Catedral de Manizales, en construcción, tomada aproximadamente en 1928. En ella puede verse un gigantesco andamio de bambú sostenido por otro metalico que se utilizó para despejar la fachada de la parte inferior de la Catedral.



2.5.5.5 Otros Usos del Bambú en Construcción.



1

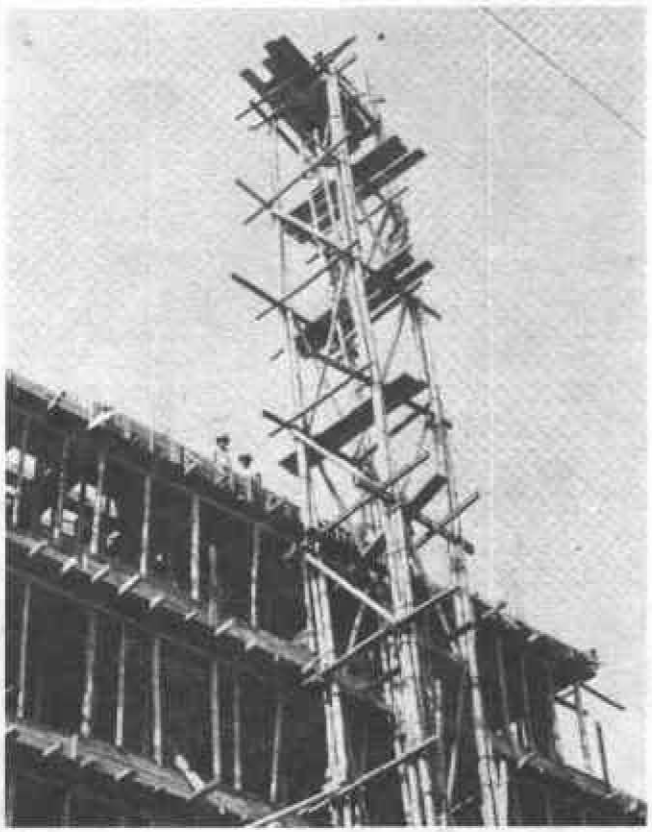
1 Como soporte de los hilos que se emplean en el replanteo para localizar los ejes de cimientos, muros, etc.

2 En el apuntalado diagonal de formaletas de columnas, muros de concreto, etc.

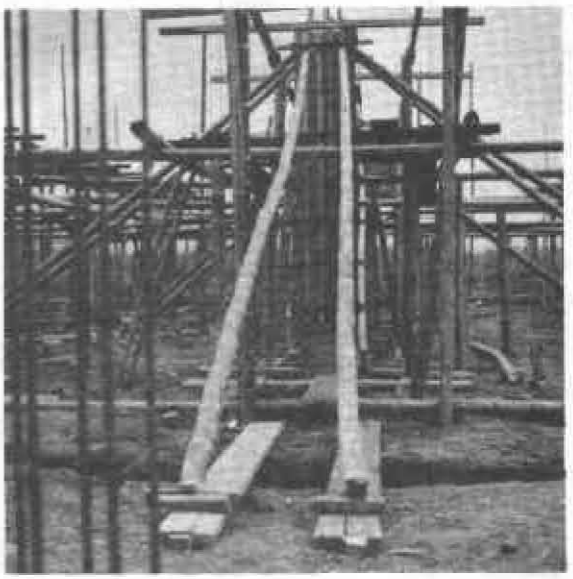
3 Como escalera fija, se emplea un bambú, en el cual los nudos sirven de huellas, haciendo en la parte superior de éstos un corte en forma de pico de flauta.

4 En el armado de trípodes a los cuales se fija un diferencial; utilizados para elevar cargas a poca altura o en la colocación de tuberías de concreto.

5 Para el transporte vertical de materiales en una construcción, se emplea una pluma instalada en la parte superior de un andamio de bambú, en forma de torre.



5



2

3

4

2.6 EL BAMBU COMO REFUERZO EN EL CONCRETO

El empleo del bambú como elemento de refuerzo en el concreto, en reemplazo de las varillas de acero, que comunmente se utilizan, es una de las aplicaciones más sobresalientes que este material tiene en la construcción y una de las muchas ventajas que el bambú tiene sobre la madera.

Los Chinos fueron los primeros en realizar investigaciones en este campo y también los primeros en emplear el bambú en la construcción de concreto reforzado. Según Porterfield Jr., las primeras aplicaciones de que se tiene noticia, se realizaron en 1918 entre las cuales anota las siguientes:

En la construcción del cuarto frío de la International Export Co., en Nanking, se emplearon varetas cuadradas de bambú de 6 mm (1/4") como refuerzo de muros de concreto de 5 cms. (2") de espesor, que se construyeron con el objeto de proteger el aislante de corcho de 25 cms. de espesor.

El gobierno Chino utilizó en la cimentación de algunos puentes del ferrocarril, pilotes de fricción de concreto reforzado con bambú con el objeto de facilitar su transporte y colocación.

La Dirección de Conservación de Whangpoo empleó placas de concreto reforzadas con bambú en muros de protección debajo del agua.

Posteriormente el bambú fué utilizado como refuerzo en el concreto, durante la Segunda Guerra Mundial, en las Islas del Pacífico, por las fuerzas armadas de los Estados Unidos y el Japón, en construcciones militares de diversa índole. Y últimamente en la guerra del suroeste Asiático, también en instalaciones militares, a raíz de lo cual se hicieron de nuevo otras investigaciones en este sentido en los Estados Unidos.

A continuación se hace una descripción muy detallada de los estudios y experimentos más importantes hasta hoy realizados en China, Alemania y los Estados Unidos, sobre las características físicas y mecánicas del bambú y su utilización como refuerzo en el concreto, que el autor considera de suma importancia, ya que ellos pueden servir de base para futuras investigaciones que se realicen en latinoamérica con especies propias y para ser aplicadas en la construcción de viviendas económicas, instalaciones agrícolas y en muchos otros usos. Estas investigaciones fueron realizadas en orden cronológico por las siguientes entidades y personas:

1. Segunda década del presente siglo; Experimentos realizados por la Jefatura de Conservación de Whangpoo, China. Según W. M. Portfield Jr. (Bambú, and its uses in China).
2. 1935 - Experimentos realizados por K. Datta en el Technische Hochschule Stuttgart, Alemania.
3. 1943 - Experimentos realizados por H. E. Glenn en la Engineering Experiment Station, Clemson Agricultural College, South Carolina, en combinación con la War Production Board, Estados Unidos.
4. 1968 - Experimentos realizados por H. G. Geymayer y F. B. Cox en la United States Army Engineer Waterways Experimental Station, Estados Unidos.

2.6.1 EXPERIMENTOS REALIZADOS POR LA JEFATURA DE CONSERVACION DE WHANGPOO, CHINA, SOBRE CONCRETO REFORZADO CON BAMBU

Los estudios experimentales realizados por la Jefatura de Conservación de Whangpoo, tienen una gran importancia por haber sido los primeros experimentos que se efectuaron sobre la utilización del bambú como refuerzo en el concreto. A continuación se indican algunos de los resultados obtenidos en los ensayos mecánicos que se realizaron por aquel entonces, en un total de 220 muestras, como las observaciones que se hicieron al respecto.

2.6.1.1 Ensayos Mecánicos.

a. FLEXION. El promedio de los resultados obtenidos de 150 muestras ensayadas a flexión fué de 13.300 lbs/pulg^2 (935 kg/cm^2). La resistencia final a la flexión varió entre 11.000 y 14.000 lbs/pulg^2, dependiendo de la forma como se aplicara la carga. El colapso del bambú se presentó siempre de un momento a otro después de que el material se rajaba en piezas paralelas al eje longitudinal. Ninguna de las fibras se rompió. El colapso fué causado por esfuerzo cortante.

b. ESFUERZO CORTANTE. El promedio obtenido de los ensayos a esfuerzo cortante fué de 1.183 lbs/pulg^2 (83,17 kg/cm^2) para muestras secas y de 1.033 lbs/pulg^2 (72,63 kg/cm^2) para muestras verdes.

c. MODULO DE ELASTICIDAD. El módulo de elasticidad encontrado fue de 1.660.000 lbs/pulg^2 (116.714 kg/cm^2), más o menos el mismo del pino.

d. TENSION. La resistencia final a la tensión se obtuvo de la misma forma como se emplea para el acero de refuerzo. Se ensayaron vigas de concreto reforzado con bambú a flexión y el valor de la resistencia a la tensión se calculó empleando fórmulas apropiadas. El concreto se agrietó debido a una deflexión muy grande y por ello no se tuvo en cuenta la resistencia a la tensión del concreto. La resistencia final a la tensión obtenida fué de 14.000 lbs/pulg^2. En relación a lo anterior, es importante anotar que los cables empleados para remolcar los juncos río arriba del río Yangtse son hechos de tiras o cintas de bambú de 1/8" de espesor, tomadas de la parte externa del bambú y luego trenzadas. Se ha estimado que la tensión promedia en las cuerdas es de 10.000 lbs/pulg^2 (703 kg/cm^2) pero a menudo es más del doble.

e. COMPRESION. De los ensayos de compresión realizados se obtuvo una resistencia final de 5.500 lbs/pulg^2 (386,70 kg/cm^2).
La elasticidad del bambú es una de las grandes desventajas para utilizarlo como refuerzo. Una viga de ensayo de concreto reforzado con bambú cuando se coloca entre dos apoyos extremos se agrieta antes de que se le aplique cualquier carga, pero no se deforma hasta no soportar una carga comparativamente pesada, lo que se debe a su alta resistencia a la tensión.

Dos factores sin embargo, deben investigarse antes de juzgar si el bambú puede tener un empleo apropiado como material de refuerzo. (Los ensayos han sido planeados pero aún no realizados por la Jefatura de Conservación de Whangpoo), estos son: el deterioro de las tiras de bambú embebido en el concreto y el problema de la contracción que es muy serio. La proyección de los nudos cuando los tallos se dividen en secciones longitudinales da una buena adherencia pero hasta ahora no se han realizado los ensayos respectivos. Es interesante anotar que después de realizados los ensayos a flexión se sacaron las varillas de refuerzo de bambú y fueron ensayadas nuevamente a tensión, los resultados no mostraron una disminución en su resistencia y su recuperación fué perfecta. Por otra parte no mostraron signos de deterioro o pudrición después de 4 meses de estar embebidas en el concreto, tiempo muy corto para determinar la eficacia del concreto en la preservación del bambú.

Con relación a otras propiedades del bambú, se han obtenido los siguientes datos:

f. GRAVEDAD ESPECIFICA. La gravedad específica obtenida de una sección del bambú resultó ser de 0.862; pero ésta varía en las diferentes zonas de la sección transversal. La gravedad específica de la capa silícea externa que corresponde a 1/16" del espesor de la pared del bambú, es en especies secas 50% mayor que la de las capas internas.

g. COEFICIENTE DE FRICCION. El promedio del coeficiente de fricción resultó ser de 0.279. Los ensayos para conocer el coeficiente de expansión aparentemente no tuvieron éxito.

2.6.2 EXPERIMENTOS REALIZADOS POR K. DATTA SOBRE LA UTILIZACION DEL BAMBU COMO REFUERZO EN EL CONCRETO

Los experimentos sobre la utilización del bambú en construcciones de concreto realizados por K. Datta en la Technische Hochschule de Stuttgart, Alemania en 1935, se basaron en los estudios de las propiedades mecánicas del bambú realizados en la misma escuela por el profesor Bauman, cuyos resultados fueron los siguientes:

2.6.2.1 Propiedades Mecánicas.

a. MODULO DE ELASTICIDAD A COMPRESION. El módulo de elasticidad de cañas de bambú sometidas a compresión varía entre 189.000 y 199.000 kg/cm². Este módulo corresponde aproximadamente al del concreto ordinario.

b. RESISTENCIA A LA COMPRESION. La resistencia a la compresión de cañas de bambú con una longitud de 30 cms, un diámetro exterior de 3 cms. y un espesor de pared de 0.45 cms; varía entre 794 y 863 kg/cm² referidas a la sección transversal efectiva.

c. MODULO DE ELASTICIDAD A TENSION. El módulo de elasticidad de tablillas de bambú sometidas a tensión varía entre 170.000 y 180.000 Kg/cm². Valor promedio 175.000 kg.

d. RESISTENCIA A LA TENSION La resistencia a la tensión de tablillas varía entre 1.627 y 2.070 kg/cm².

e MODULO DE ELASTICIDAD A FLEXION El módulo de elasticidad de cañas de bambú sometidas a flexión, varía entre 170.000 y 220.000 kg/cm².

f. RESISTENCIA A LA FLEXION. La resistencia a la flexión de cañas de bambú con diámetro exterior entre 7 y 8 cms. y una distancia entre soportes de 25 diámetros, varía entre 763 y 2.760 kg/cm².

La resistencia a la compresión de cañas de bambú comprendidas entre 794 y 863 kg/cm², referida al área efectiva de la sección transversal, según datos obtenidos en estos experimentos, corresponde a la resistencia a la compresión que varía entre 372 y 435 kg/cm², referida al área de la sección transversal incluida; y es mayor que la del concreto ordinario. Por lo tanto es obvio que empleando una caña con mayor espesor de pared y menos diámetro exterior es posible aumentar la resistencia.

Los experimentos mencionados anteriormente sugieren que un miembro de concreto reforzado con bambú, de un edificio, sujeto a compresión, no es más débil que una pieza similar de concreto de igual área en la sección transversal; por el contrario, si está reforzado con bambú, debe ofrecer una mayor resistencia como resultado de la mayor resistencia a la compresión del bambú. Además, una pieza de concreto reforzado con bambú obviamente es más flexible que una pieza de concreto de igual sección transversal. Como el bambú comparado con el concreto posee aproximadamente el mismo módulo de elasticidad, pero mayor resistencia a la compresión, sería ventajoso emplear cañas de bambú en la zona de presión de vigas de concreto reforzado.

Las cañas de bambú poseen considerablemente mayor resistencia a la tensión que el concreto. Por esta razón pueden usarse en la zona de tensión en lugar del acero de refuerzo de una viga de concreto reforzado.

En comparación con el acero, el bambú posee un reducido módulo de elasticidad a la tensión, por lo cual es necesario reemplazar el área de la sección transversal en la zona de tensión de la viga de concreto reforzado, por una mayor área de sección transversal de bambú para lograr el mismo efecto. En cualquier caso el uso del refuerzo de bambú como substituto del acero parece posible solamente en vigas que no presten una función vital.

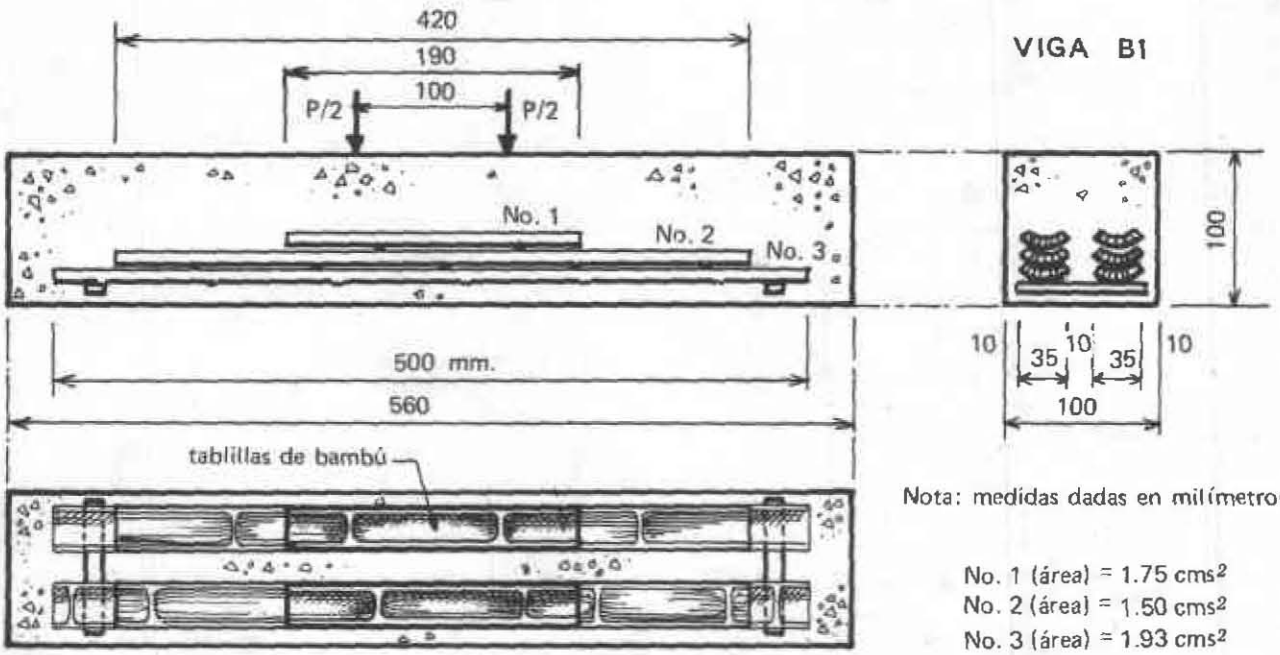
2.6.2.2 Conclusiones de los Experimentos realizados por K. Datta.

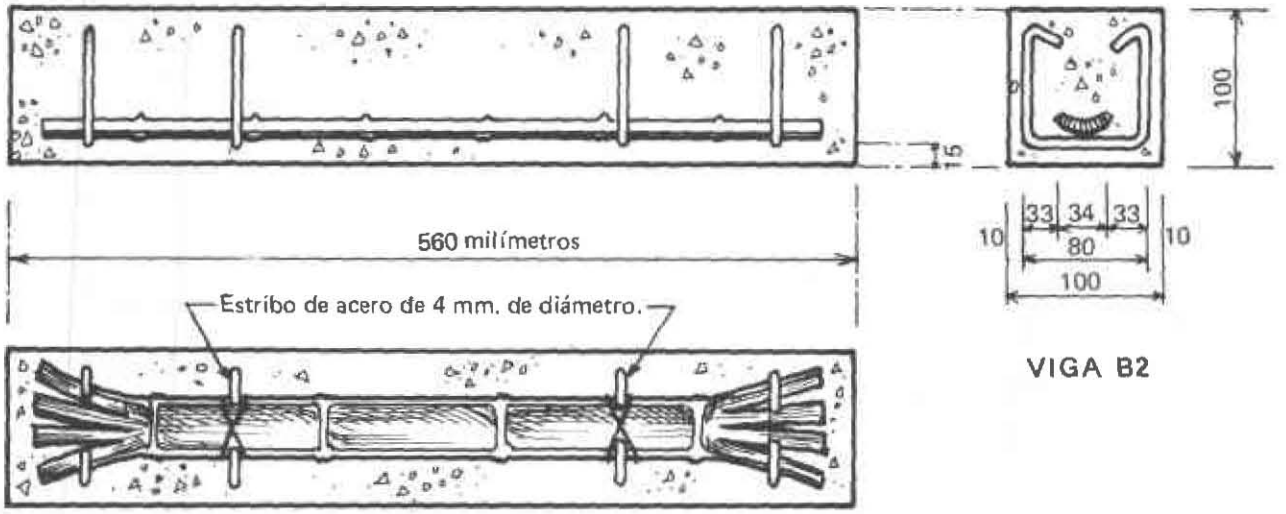
1. No se observó, ninguna interacción química entre el bambú y el concreto durante los experimentos y se supone que no exista.

2. El bambú no impermeabilizado, absorbe humedad y se hincha después de estar embebido en el concreto. La tensión interior del concreto puede hacerse tan alta, de acuerdo a la dimensión de la sección transversal del bambú que puede causar fisuras en el recubrimiento de concreto fresco. Posteriormente con el tiempo el bambú se contrae en grado mayor y más rápidamente que el concreto, perdiendo la adherencia con el concreto.
   Impermeabilizando el bambú con blanco de plomo o material aislante Mayorit es posible restringir la expansión del bambú hasta el grado de que permanece fijo en el concreto.
   La destrucción del recubrimiento de concreto como resultado del hinchamiento del refuerzo de bambú puede prevenirse empleando una mezcla de concreto muy rica, estribos de acero, e impermeabilizando las cañas de bambú del refuerzo.

3. La resistencia al deslizamiento entre el concreto y latas o tablillas de bambú sin las paredes de los nudos, se obtuvo en el laboratorio, halando el bambú embebido previamente en cubos de concreto, dando como resultado 3.5 kg/cm².
   La resistencia al deslizamiento entre el concreto y latas de bambú impermeabilizadas y con las paredes o tabiques en los nudos, fué tan grande que se alcanzó una resistencia a la compresión de 825 kg/cm² .
   Los experimentos relacionados con la resistencia a la flexión revelaron que los tabiques de las latas impermeabilizadas de bambú, eran lo suficientemente fuertes para prevenir casi completamente el deslizamiento del bambú dentro del concreto.
   Por otra parte se observó que los nudos de las ramas en las cañas de bambú evitaban el deslizamiento de las mismas dentro del concreto hasta una resistencia a la tensión en el bambú de 565 kg/cm² y aún más.

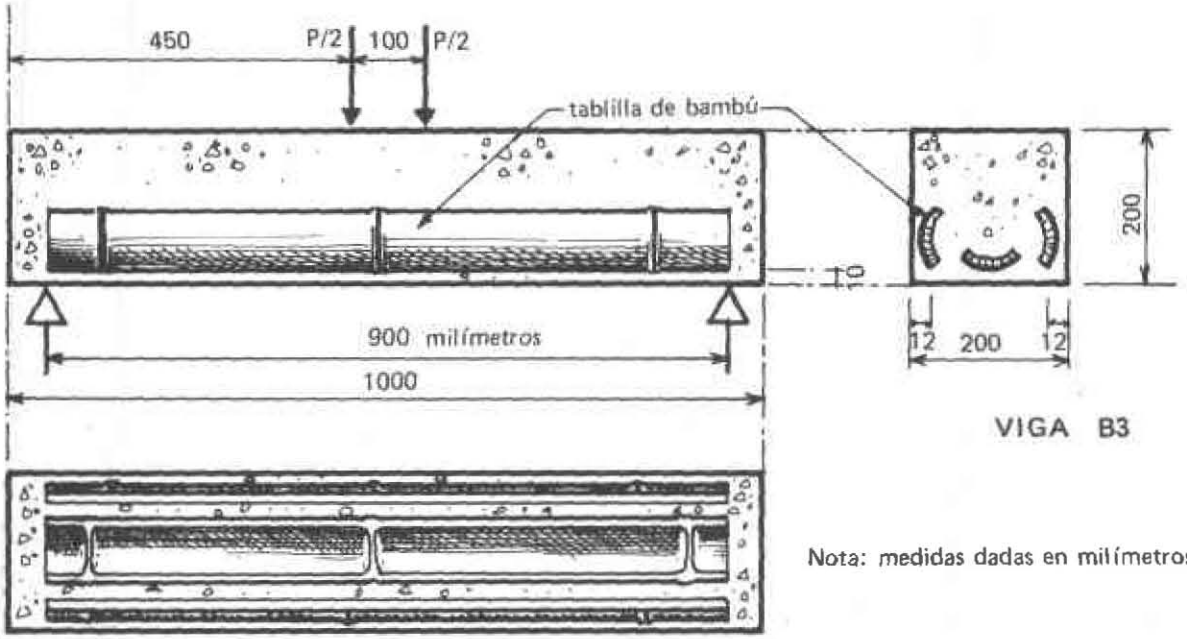
4. Las fisuras que aparecieron en el recubrimiento de concreto de vigas reforzadas con bambú, como resultado del hinchamiento del refuerzo de bambú no tiene efectos nocivos en la carga de ruptura de la viga.
   El sistema de colocación del refuerzo de bambú que se empleó en las vigas B_1 y B_2, se encontró ser el más apropiado.
   Cuando el refuerzo de bambú se coloca como se indica en las vigas B_3 y B_4, puede asumirse que los estribos de acero distribuidos a todo lo largo de la viga pueden prevenir las fisuras en el concreto por el efecto de cuña que produce el refuerzo.





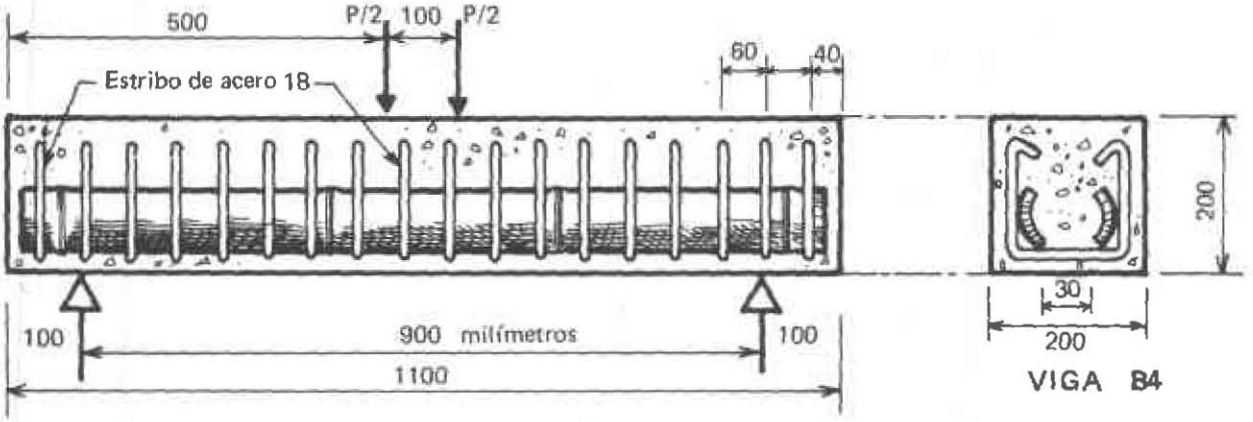
VIGA B2

Nota: medidas dadas en milímetros



VIGA B3

Nota: medidas dadas en milímetros



VIGA B4

Nota: medidas dadas en milímetros

Los experimentos mencionados anteriormente no solucionan todos los problemas relacionados con el uso del bambú como refuerzo en el concreto pero sus resultados demuestran que las vigas de concreto reforzado con bambú pueden substituír tanto a las vigas de concreto reforzado con acero como a las vigas de madera en casas pequeñas y económicas.

5. Los experimentos realizados con vigas de concreto prueban que el refuerzo con cañas o tallos de bambú no reducen la capacidad de carga de la viga de concreto, por el contrario y siempre cuando no se utilice una mezcla muy pobre de concreto en la viga. Un refuerzo suficiente de cañas de bambú, produce un ligero aumento en la capacidad de carga.
Los experimentos descritos, sugieren que el concreto reforzado con bambú, es un material muy útil en la construcción de paredes, siempre que se emplee un método apropiado de construcción y puede aplicarse en construcciones antisísmicas.

6. Los resultados experimentales con vigas en las cuales se emplean cañas o tallos de bambú en la zona de tensión encima del refuerzo de acero aumenta la seguridad de las vigas de concreto reforzado.

2.6.2.3 Instrucciones para el Empleo del Bambú como Refuerzo.

Los tallos o cañas de bambú deben ser en lo posible rectos y fuertes. Deben estar secos al aire en el momento de ser embebidos en el concreto. Cuando se empleen cañas deben tener nudos de las ramas. Deben preferirse cañas de pequeño diámetro exterior y paredes de gran espesor.

En vigas de concreto reforzado con bambú, que van a soportar grandes cargas, el bambú debe recubrirse con un impermeabilizante para evitar la absorción de humedad.

Cuando el refuerzo de bambú se va a emplear como substituto del refuerzo de acero en la zona de tensión de una viga de concreto, el área de la sección transversal del bambú, debido a su bajo módulo de elasticidad a la tensión, debe ser por lo menos 12 veces mayor que el área de la sección transversal del acero. El concreto debe ser de la mejor calidad posible y en ningún caso debe tener una resistencia menor de 150 kg/cm² a los 28 días.

El espesor del recubrimiento de concreto debe aumentarse en proporción al aumento del área de la sección transversal del bambú. La construcción combinada en concreto reforzado con bambú, debe tener estribos de acero para contrarrestar las fuerzas cortantes.

2.6.3 EXPERIMENTOS REALIZADOS POR H.E. GLENN SOBRE EL EMPLEO DEL BAMBU COMO REFUERZO EN EL CONCRETO DE CEMENTO PORTLAND

En 1944 H. E. Glenn realizó en Clemson Agricultural College, South Carolina, con la cooperación de la War Production Board, una serie de experimentos encaminados a la utilización del bambú como material de refuerzo en el concreto, de los cuales se anotan a continuación sólo los resultados y aspectos más importantes.

2.6.3.1 Especies de Bambú Utilizadas en los Experimentos

En la realización de los ensayos de las características físicas se utilizaron las siguientes especies, en las cuales se indica también el número de referencia.

98906 *Arundinaria gigantea.*
38921 *Arundinaria simoni* var. *Variegata.*
76648 *Arundinaria sp.*
77010 *Arundinaria sp.*
75153 *Phyllostachys aurea.*
12180 *Phyllostachys bambusoides.*
40842 *Phyllostachys bambusoides*
116965 *Phyllostachys flexuosa.*
73452 *Phyllostachys henryi.*
75159 *Phyllostachys nigra.*
24761 *Phyllostachys nigra var. henonis.*
75158 *Phyllostachys nigra var. henonis*
77257 *Phyllostachys sulphurea var. Viridis.*
75160 *Phyllostachys viridi - glaucescens.*

55713 *Phyllostachys sp.*

63696 *Phyllostachys sp.* probablemente *p. nidularia.*

80149 *Phyllostachys sp.* probablemente *p. congesta.*

82047 *Phyllostachys sp.* Esta es muy parecida a bambusoides pero más pequeña.

116768 *Phyllostachys sp.*

75165 *Pseudosasa japonica.*

77004 *Semiarundinaria farinosa.*

52671 *Semiarundinaria fastuosa.*

73961 *Bambusa multiplex* variedad rayada.

1 *Arundinaria gigantea* — nativa.

2 *Arundinaria tecta* — nativa.

4-A *Phyllostachys bambusoides* - que crece en el área Clemson College.

4-B *Phyllostachys bambusoides* - que crece en la propiedad de Schilleter, Clemson, S. C.

5 *Phyllostachys bambusoides*, especies No. 4-A tratada con Methylolurea.

2.6.3.2 Características Físicas del Bambú.

En la determinación de las características físicas del bambú se tuvo en cuenta:

1. La especie del bambú.
2. La edad del tallo.
3. Grado de sazonamiento

   (Nota del autor: La traducción literal del original corresponde a "grado de curado" pero de acuerdo a la forma como se aplica este término en la investigación, se refiere es al grado de madurez o de sazonamiento).
4. Varias clases de tratamiento del tallo.
5. Variación de las características físicas debido a los nudos.

a. Ensayos a Flexión.

Edad del tallo. No hay mayor variación en las características de flexión, en bambúes de grupos de diferentes edades que la que existe entre tallos aislados de grupos de cualquier edad. Mientras que el promedio de los valores de módulo de elasticidad y resistencia de la fibra extrema aumentan ligeramente con la edad del tallo, existen especímenes del grupo de un año de edad que muestran valores más altos que algunos tallos de 3 años de edad. Estos ensayos que son los primeros que se conocen se hicieron con el objeto de demostrar la variación en la resistencia a la flexión del bambú con relación a la edad. Generalmente se ha dicho que el bambú adquiere su resistencia después de los 3 años. Esta teoría estaba fortalecida por el hecho de que el tallo de bambú en crecimiento tiene muy poca resistencia estructural.

El curado y tratamiento de los tallos de bambú con metilurea aumentó la resistencia a la flexión y el módulo de elasticidad, con relación a los tallos verdes y sazonados. Los resultados del sazonamiento no fueron concluyentes. El promedio del resultado obtenido para el módulo de elasticidad y de la fibra extrema, para tallos sazonados fué mayor que para los tallos verdes. Sin embargo, en muchos casos tallos verdes aislados mostraron un valor más alto que el promedio de los que habían sido curados.

La posición del perímetro de las muestras ensayadas a flexión tuvo un marcado efecto sobre los resultados obtenidos; ello se debe a que los haces de fibras próximas al perímetro del tallo están más unidos. Se ensayaron dos latas pegadas en tal forma que la concentración de las fibras estuviese en la parte superior de la pieza. Cuando se ensayaron en esta posición el módulo de elasticidad y el esfuerzo en la fibra extrema fueron considerablemente más altos que los obtenidos de una sola lata, colocada en su posición más favorable. En los ensayos colocando la pieza con los perímetros hacia los lados, el esfuerzo de la fibra extrema fue mayor de lo esperado. El módulo de elasticidad fué también más alto.

De los resultados obtenidos se deduce que hay una gran variación en las características de flexión del bambú de acuerdo a la especie, como sucede en la madera. El módulo de elasticidad en las diferentes especies varió entre un poco menos de 1.500.000 lbs/pulg^2 (105.465 kg/cm^2) hasta sobrepasar los 3.000.000 de lbs/pulg^2 (210.930 kg/cm^2).

En conclusión: Debe establecerse que es de esperarse una mayor variación en las características de flexión entre las diferentes especies no estudiadas que existen, y aún en especies determinadas según las condiciones del tallo, edad, sazonamiento y tratamiento.

b. Ensayos a Tensión Directa.

Se emplearon dos métodos para preparar y ensayar latas de bambú. En ambos casos las tablillas se prepararon rajando los tallos y cortando las latas a una medida determinada para que representara el sector del cilindro hueco. Las 6 pulgadas centrales se redujeron por lo menos a la

mitad de la sección para asegurar que la falla se presentara en esta sección. En una serie de ensayos las muestras preparadas se ensayaron colocándolas en mordazas de la máquina de ensayos. En todos los casos se empleó un medidor de deformación y la elongación se midió en los incrementos de carga.

Otro método fue el de fundir en concreto cada uno de los extremos del bambú preparado, en una longitud suficiente para desarrollar la necesaria adherencia, dejándose las 6 pulgadas en el centro libres, sin concreto. Para estos ensayos se diseñó un aparato especial que se construyó con este propósito, que tenía la característica de hacer la tensión directa sin flexión transversal.

Todos los tallos ensayados en esta serie se obtuvieron del U. S. Plant Introduction Garden, Savannah, Georgia. Debido a que se necesitaron varios meses para su recolección y mientras llegaron a Clemson y se ensayaron, el grado de sazonamiento variaba considerablemente. Este hecho puede explicar algunas de las variaciones en las propiedades físicas tanto entre las especies como entre especímenes aislados de cada especie. (Se indican las tablas comparativas). Un estudio de las tablas y diagramas demuestran:

1. El módulo de elasticidad y resistencia a la tensión no varían de manera consistente con la edad del tallo.
2. El módulo de elasticidad promedio de las especies y variedades ensayadas muestran un valor ligeramente superior a 2.000.000 lbs/pulg^2 (140.620 kg/cm^2) y un valor máximo superior a 4.500.000 lbs/pulg^2 (316.395 kg/cm^2).
3. La resistencia máxima a la tensión indica la misma variación para las especies y variedades ensayadas con o sin nudos. La resistencia máxima promedia a la tensión de especies sin nudos, indica un valor máximo por debajo de 50.000 lbs/pulg^2 (3.515,5 kg/cm^2) y un valor mínimo ligeramente inferior a 26.000 lbs/pulg^2 (1.828 kg/cm^2).
4. Un estudio de los diagramas demuestra que generalmente el nudo es la parte más débil de un tallo sometido a la tensión; sin embargo, el valor más alto con el nudo, es casi igual al máximo valor sin el nudo. Los valores promedios de todas las fallas por tensión que se presentaron en los nudos son considerablemente menores que el promedio de las fallas que se presentaron entre los nudos.
5. La resistencia del tallo en el nudo varía mucho con la especie de bambú. Algunas especies muestran una resistencia promedio a la tensión con falla en el nudo, tan alta como las obtenidas cuando la falla se presentó entre los nudos. Otras especies muestran una resistencia a la tensión en el nudo mucho menor que en el internudo. Un examen de los tallos de varias especies y variedades muestran una marcada variación en la construcción física y apariencia del nudo. Las especies y variedades que tienen nudos gruesos pronunciados y salientes de la pared muestran una correspondiente debilidad a la tensión en este punto.
6. El promedio de la máxima resistencia a la tensión de todas las especies y variedades fue de 37.500 lbs/pulg^2 (2.636,62 kg/cm^2), en el internudo, y de 32.500 lbs/pulg^2 (2.285 kg/cm^2) en el nudo.
7. La resistencia máxima a la tensión en el nudo fue ligeramente superior a 49.500 lbs/pulg^2 (3.480,34 kg/cm^2) y el mínimo valor, ligeramente superior a 18.000 lbs/pulg^2 (1.265,58 kg/cm^2). Estos valores están basados en el área neta junto al nudo y no se considera el aumento de espesor en el área de la sección del nudo.
8. Aquellas especies que tenían un módulo de elasticidad alto, mostraron una correspondiente resistencia a la tensión alta.
9. Ni el módulo de elasticidad ni la máxima resistencia a la tensión de las especies y variedades ensayadas se modificaron con el tratamiento de metilurea Dupont.

c. Resistencia Final a la Compresión y Módulo de Elasticidad a la Compresión.

Solamente una variedad de bambú se ensayó a compresión y corresponde a las que crecen en Clemson College.

La resistencia a la compresión de las muestras ensayadas que tenían una longitud en relación al diámetro, en las cuales no se presentaba pandeo, mostraron un promedio de resistencia a la compresión superior a 8.000 lbs/pulg^2 (562,48 kg/cm^2) y un módulo de elasticidad superior a 2.160.000 lbs/pulg^2 (151.869,6 kg/cm^2). Los resultados demostraron:

1. El valor de la resistencia a la compresión del bambú es mucho menor que el de la tensión en una misma especie. El bambú es aproximadamente 4 veces más fuerte en tensión que en compresión.
2. El módulo de elasticidad a la compresión es ligeramente inferior que en tensión.

TABLA 2.6.3.2 A **Ensayo a flexión de tablillas o latas de bambú**

No. de la especie	Módulo de elasticidad en miles de lbs/pulg²						Resistencia final de la fibra lbs/pulg²		
	No sazonadas (Una tablilla)		Sazonadas (Una tablilla)		Tratados con metilurea 2 tablillas pegadas por su cara interna		Tratados con metilurea		Sazonadas
	Posición No. 1	Posición No 2	Posición No. 1	Posición No. 2	Posición No. 1	Posición No. 2	Posición No. 1	Posición No. 2	Posición No.1
4A - Cañas de dos años de edad.	3.047	2.362	3.068	2.387	2.177	2.295	26.4	19.4	29.2
4B*————	1.884	2.254	2.381						21.7 pos. No. 2
4A* - Cañas de un año de edad.	2.821	2.062							15.9 pos. No. 2
4A - Cañas de dos años de edad.	3.580	2.827	3.317	2.672	2.791	2.777	24.9	23.5	25.2
4A - Cañas de dos años de edad.	3.981	3.049	4.954	3.196	3.981	3.047	26.5	22.9	23.3
4A - Cañas de tres años de edad	3.965	2.850	3.691	2.756	4.051	2.897	22.3	19.7	23.7
4A - Cañas de tres años de edad.	3.812	2.770	3.609	2.808	3.575	2.363	27.6	23.2	24.5
4A - Cañas de un año de edad	3.693	2.169	3.369	2.148					26.8
4A - Cañas de dos años de edad	3.275	2.711	3.665	2.774	3.537	2.629	22.9	20.2	21.6
4A - unk. ?	3.097	2.347	3.224	2.961					23.5
Pro. de 1 año de edad	3.693	2.169	3.369	2.148					26.8
Pr. de 2 años de edad	3.612	2.862	3.978.7	2.880.7	3.436.3	2.917.7	24.8	22.2	23.4
Pr. de 3 años de edad	3.888.5	2.810	3.650	2.782	3.813	2.630	24.9	21.4	24.1

Posición No. 1 - La carga se aplicó sobre el perímetro externo.

Posición No. 2 – Indica 90 grados de rotación de la posición No. 1. En este caso el perímetro externo corresponde a un lado del especímen.

* - Ensayo realizado con una tablilla. Los demás ensayos se hicieron con muestras constituídas por dos tablillas pegadas por su cara interna.

TABLA 2.6.3.2 B Bambú a tensión directa.

No. de la serie	Resistencia a la tensión promedia en cientos de lbs/pulg²						Módulo de elasticidad promedio en miles de lbs/pulg²	
	Falla en el entrenudo	No. de especímenes	Falla en el nudo cond. No. 1	No. de especímenes	Falla en el nudo cond. No. 2	No. de Especímenes	Módulo de elasticidad	No. de especímenes
40842 – 41 ———	368	4	225	6	106	4	2.142	4
40842 – 42 ———	458	4	295	6	187	4	2.767	4
40842 – 43 ———	429	3	319	4	266	1	2.625	3
Promedio ———	418.3	11	279.7	16	186.3	9	2.511.3	11
77257 – 41 ———	369	4	290	2	159	2	2.850	4
77257 – 42 ———	409	4	318	9	187	4	2.814	7
77257 – 43 ———	378	3	258	12	133	5	2.078	8
Promedio ———	385.3	11	288.7	23	159.6	11	2.580.7	19
24761 – 41 ———	343	4	223	3	127	3	2.468	5
24761 – 42 ———	402	4	319	9	166	2	3.087	5
24761 – 43 ———	353	5	297	4	160	2	3.185	5
Promedio ———	366	13	279.7	16	151	7	2.913.3	15
82047 – 41 ———	365	4	283	8	135	4	2.967	4
82047 – 42 ———	377	2	294	5	180	3	2.833	4
82047 – 43 ———	403	4	272	6	199	1	2.326	6
Promedio ———	381.7	10	283	19	171.3	8	2.708.7	14
75158 – 41 ———	412	6	351	2			3.199	8
75158 – 42 ———	360	5	270	2	138	2	3.646	5
75158 – 43 ———	423	4	366	6	170	2	3.155	4
Promedio ———	398.3	15	329.3	10	154	4	3.333.3	17
75159 – 41 ———			307	5	115	2	3.024	3
75159 – 42 ———	383	2	311	6	175	2	3.046	4
75159 – 43 ———	403	2	329	6	167	2	3.140	4
Promedio ———	393	4	315.7	17	152.3	6	3.070	11
63696 – 41 ———	338	3	292	5	122	2	3.299	4
63696 – 42 ———	318	3	264	4	135	2	3.004	4
63696 – 43 ———	348	3	289	3	139	2	3.404	4
Promedio ———	334.7	9	281.7	12	132	6	3.235.7	12
12180 – 41 ———	367	3	328	2	205	1	2.918	4
12180 – 42 ———	377	7	355	2	186	2	3.176	6
12180 – 43 ———	366	3	292	4	139	2	2.899	5
Promedio ———	370	13	325	8	176.7	5	2.997.7	15

Continúa

Continuación	Resistencia a la tensión promedia en cientos de lbs/pulg²						Módulo de elasticidad promedio en miles de lbs/pulg²	
No. de la serie	Falla en el entrenudo	No. del especímen	Falla en el nudo cond. No. 1	No. del especímen	Falla en el nudo cond. No. 2	No. del especímen	Módulo de elasticidad	No. del especímen
52671 – 42	420	5	326	3	211	2	3.199	5
52671 – 43	393	2	299	3			3.573	2
Promedio	406.5	7	312.5	6	211	2	3.386	7
38921 – 42	415	3	311	5	237	2	3.435	6
38921 – 43	287	2	274	5	190	2	2.606	2
Promedio	351	5	292.5	10	213.5	4	3.020.5	8
55713 – 41	353	3	333	3	175	2	2.867	4
55713 – 42	374	4	363	3	246	2	2.840	3
55713 – 43	315	3	275	3	167	2	2.636	4
Promedio	347.3	10	323.7	9	196	6	2.781	11
116965 – 41	425	3	240	4	133	2	2.721	4
116965 – 42	352	3	348	2	238	2	2.630	2
116965 – 43	377	4	330	4	208	2	2.490	4
Pr. 41–42–43	384.7	10	306	10	193	6	2.613.7	10
75160 – 43	344	2	282	5	168	2	2.610	2
73961 – 42	358	4	327	2	246	1	3.611	3
73961 – 43	324	3	225	5	147	2	2.376	4
Promedio 42 – 43	341	7	276	7	159.1	3	2.993.5	7
76648 – 42	432	3	421	2	280	2	4.555	2
76648 – 43	488	2	331	4	152	2	4.634	5
Pr. 42, 43	460	5	376	6	216	4	4.594.5	7
98906 – 42	365	3	183	4	109	2	2.645	4
98906 – 43	279	3	250	4	165	2	2.947	4
Pr. 42, 43	322	6	211.5	8	137	4	2.796	8
77004 – 42	326	2	293	5	114	2	3.010	4
77004 – 43	353	5	295	1	113	2	3.539	4
Pr. 42, 43	339.5	7	294	6	113.5	4	3.274.5	8
75165 – unk.?	386	3	435	2	241	2	2.835	2
75153 – 41	399	2	378	2	309	2	2.716	1
75153 – 42	388	2	369	2	172	2	2.854	2
75153 – 43	442	2	392	2	190	2	3.258	2
Pr. 41, 42, 43	409.7	6	379.7	6	223.7	6	2.942.7	5

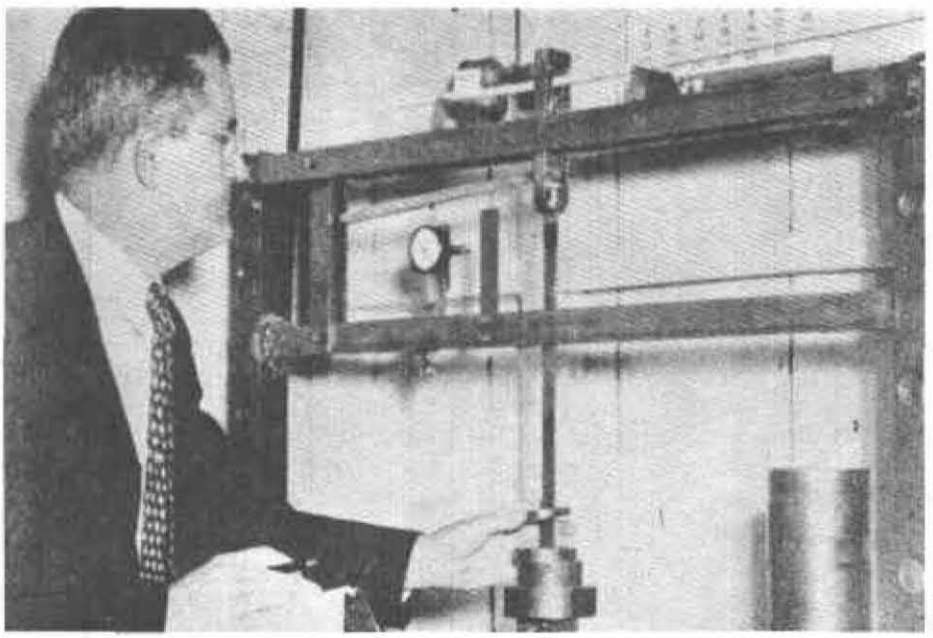
Pasa

Continuación	Resistencia a la tensión promedia en cientos de lbs/pulg²						Módulo de elasticidad promedio en miles de lbs/pulg²	
No. de la serie	Falla en el entrenudo	No. de espécimen	Falla en el nudo cond. No. 1	No. del espécimen	Falla en el nudo cond. No. 2	No. del espécimen	Módulo de elasticidad	No. del espécimen
116768 – 42	406.	2	311	2	162	2	3.997	2
116768 – 43	467	4	497	2	294	2	3.205	2
Pr. 42, – 43	435.5	6	404	4	228	4	3.601	4
77010 Desc	347	2	224	2	193	2	2.457	2
Desc. Arun. tecta 41?	405	2	220	2	185	2	3.278	2
Desc. Arun. tecta 42?	347	4	210	4	117	2	3.281	4
Desc. Arun. tecta 43?	312	3	242	4	172	2	2.478	2
Pr. 41, 42, 43	354.7	9	224	10	158	6	3.012.3	8
73452 – 41	298	4	144	2	87	2	2.399	3
73452 – 42	279	4	176	10	84	8	1.820	3
73452 – 43	392	2	226	7	136	3	2.529	6
Pr. 41–42–43	323	10	182	19	102.3	13	2.249.3	12
4A – 41	307	4	276	2	176	2	2.389	4
4A – 42	267	4	268	2	164	2	2.197	4
4A – 43	264	4	249	2	147	2	1.995	4
Pr. 41, 42, 43	279.3	12	264.3	6	162.3	6	2.193.7	12
1 año de edad	290	4	249	4	161	3	2.207	4
Mayor de un año	293	4	265	3	156	3	2.479	4
Promedio	291.5	8	257	7	158.5	6	2.343	8
5	264	8	241	4	148	4	3.067	10
Pr. – 41	359.9	51	275.9	52	156.8	33	2.762.9	58
Pr. – 42	372.0	74	301.5	87	176.2	50	3.968.9	83
Pr. – 43	370.0	68	299.5	96	172.5	44	2.894.9	86
Pr. – 41	358.6		273.2		150.1		2.774.4	
Pr. – 42	371.9		291.2		164.6		3.048.6	
Pr. – 43	367.9		289.5		166.4		2.783.8	

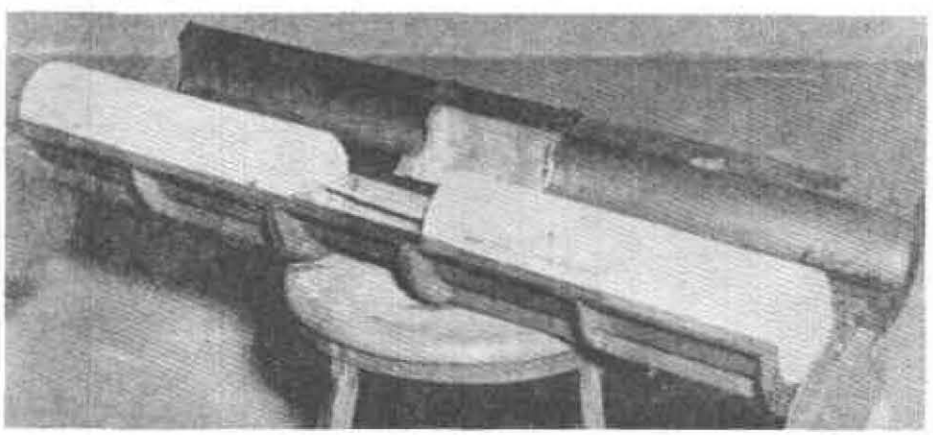
Condición No. 1 - Para calcular la resistencia unitaria a la tensión se consideró como área neta la del internudo.
Condición No. 2 - En este caso se consideró como área neta la del nudo.

TABLA 2.6.3.2 C Tallos de bambú a compresión.

No. del especímen	Resistencia final a la compresión. lbs/pulg²	Módulo de elasticidad a la compresión. lbs/pulg²	Condiciones del bambú al ser ensayado.	Longitud de los especímenes en pulg.
1	65.2	772.3	No sazonado	10. 1/4
2	52.1	1303	No sazonado	5
3	51.6	1424	No sazonado	9. 7/16
4a.	44.4	1767	Parcialmente sazonado	83. 1/4
5	74.6	1978	Parcialmente sazonado	4
6	75.9		Parcialmente sazonado	1
7	72.8	1878	Parcialmente sazonado	4
8	86.5	2542	Parcialmente sazonado	8
9	82.8	2222	Parcialmente sazonado	9. 1/2
10	108.8		Parcialmente sazonado	2. 11/16
7a.	89.5	2185	Parcialmente sazonado	4
Promedio	86.44	2146		



Aparato especialmente diseñado para medir la deflexión producida por una carga aplicada en el centro de tablillas de bambú.



Método empleado para efectuar los ensayos a tensión directa de tablillas y tallos de bambú.

2.6.3.3 Resultados de los Ensayos de Adherencia entre el Bambú y el Concreto.

A pesar de que la serie de ensayos que se habían programado para determinar la adherencia entre el concreto y el bambú, no se completaron como se había contemplado, fueron suficientes para lograr ciertas conclusiones básicas. La adherencia final entre el concreto y el bambú varió entre 350 lbs/pulg^2 (24.60 kg/cm^2) hasta por debajo de cero lbs/pulg^2. Como el concreto empleado en todos los ensayos fue del mismo grado, la única posibilidad variable que pueda explicar la diversidad de resultados es el bambú. El bambú tiene un factor de contracción relativamente alto del estado verde al seco. Esta contracción es mucho mayor a través del diámetro que a lo largo de la longitud del tallo. Varios factores influyen en el grado de contracción cuando un bambú acabado de cortar se sazona. Entre estos factores se encuentran la edad del tallo y la estación del año en que se corta. Muchos tallos viejos de bambú en la mata están muy sazonados y ello se indica por el color café del tallo. El estudio de la tabla indica:

1. Los especímenes ensayados se prepararon empleando tallos completos de bambú verde, no curados y fueron curados en el agua por un período de una semana; posteriormente se dejaron secar a temperatura ambiente por un período de 144 días. Al final de este período se había presentado una contracción en el tallo de suficiente intensidad como para destruír o afectar seriamente la adherencia entre el concreto y el bambú.
2. Los miembros portantes de concreto reforzado con bambú son muy propensos a desarrollar fisuras cuando se utiliza tallos verdes no sazonados de bambú, debido a una falla limitada de adherencia entre el concreto y el bambú, si las condiciones son tales en el miembro, que pueda presentarse el secado del bambú.
3. Aunque lo más seguro es que se presente un resbalamiento en la adherencia cuando se emplean tallos verdes, no sazonados, se desarrolla alguna adherencia debido a la protuberancia de los nudos y a la acción de acuñamiento que se efectúa por la forma ahusada de la sección transversal del tallo entre los extremos basal y distal.
4. Los tallos sazonados desarrollan una mayor adherencia que los tallos verdes y la adherencia entre los tallos sazonados es variable de un especimen a otro. El valor de la adherencia parece ser proporcional al grado de hinchamiento que se presenta en los tallos cuando absorben agua de la mezcla de concreto y a la subsecuente contracción debido a la pérdida de agua en el bambú después de que el concreto se endurece. El hinchamiento de tallos no sazonados en muchos casos causa en el concreto fisuras a lo largo del eje longitudinal de los tallos de refuerzo en un miembro de concreto reforzado con bambú. El empleo de cementos de fraguado rápido parece tener algún mérito en la prevención de fisuras en el concreto debido al hinchamiento. Esto se atribuye a que la resistencia que se desarrolla en el concreto en un principio, tiene la suficiente intensidad para resistir el hinchamiento de los tallos de bambú.
5. Los tallos de bambú sazonados y tratados desarrollan una mayor adherencia después de un período de tiempo, que los tallos verdes o sazonados no tratados. La emulsión asfáltica es un buen agente impermeabilizante para tallos sazonados ya que disminuye materialmente la acción de hinchamiento causado por la humedad. El exceso de emulsión asfáltica produce un efecto lubricante en la superficie externa del tallo, disminuyendo la adherencia entre éste y el concreto.
6. El comportamiento de las vigas de ensayo hechas en el laboratorio y las hechas en el campo de construcción parecen verificar las conclusiones obtenidas en los ensayos de adherencia.
7. Cuando se emplean tallos verdes, no sazonados, como refuerzo en miembros de concreto, la adherencia dependerá totalmente de las protuberancias del nudo del bambú, de su forma ahusada y de los salientes que existen en los tallos. Cuando se emplean tallos verdes, no sazonados, en miembros de concreto reforzado que soportan cargas, lo más seguro es que se produzcan fisuras en el concreto antes de que se desarrolle la adherencia.

2.6.3.4 Ensayos de vigas de Sección Rectangular.

Se fundieron vigas rectangulares en concreto reforzado con bambú y posteriormente fueron ensayadas en el laboratorio para determinar:

1. Efecto del porcentaje de refuerzo de bambú en la capacidad de carga en vigas con sección rectangular.

2. Efecto del sazonamiento del refuerzo de bambú en la capacidad de carga de vigas de sección rectangular.
3. Efecto de las dimensiones de sección rectangular en la capacidad de carga de vigas de concreto reforzado con bambú.
4. Efecto del uso de agentes impermeabilizantes en tallos de bambú sazonado, empleados en vigas con sección rectangular.
5. Efecto del uso de latas o tablillas verdes no sazonadas en vigas con sección rectangular.
6. Efecto del uso de latas o tablillas de bambú sazonadas, tratadas y no tratadas, en vigas de sección rectangular.
7. Efecto del refuerzo de bambú, verde no sazonado, en vigas de sección rectangular en las cuales el concreto fue curado en condiciones húmedas hasta ocurrir el endurecimiento y luego guardado a temperatura ambiente hasta antes de efectuar el ensayo, teniendo en cuenta que las condiciones en las vigas eran tales que los tallos de bambú soportaron un período de secado y de sazonamiento produciéndose la contracción del bambú mientras se encontraba embebido en el concreto.
8. Efecto de la mezcla de concreto (resistencia del concreto), en la capacidad de carga en vigas de sección rectangular reforzadas con bambú.
9. Efecto del tratamiento con metilurea del refuerzo de bambú en la capacidad de carga en vigas de sección rectangular.
10. Efecto del refuerzo de tensión diagonal en la capacidad de carga en vigas rectangulares reforzadas con bambú.

2.6.3.5 Ensayos de Vigas de Sección en "T".

1. Efecto del porcentaje de refuerzo de bambú en la capacidad de carga en vigas de sección en "T".
2. Efecto de las dimensiones de las secciones en "T" en la capacidad de carga de las vigas en "T", de concreto reforzado con bambú.
3. Comparación de la capacidad de carga de vigas de sección en "T" con vigas de sección rectangular.

Las mezclas de concreto utilizadas en estos ensayos fueron: 1 : 2 : 3 ; 1 : 2 : 4 (cemento Portland, arena, agregado grueso.)

2.6.3.6 *Conclusiones de los Resultados de los Ensayos de Vigas de Concreto Reforzado con Bambú.*

1. El refuerzo de bambú en vigas de concreto no previene las fisuras que se presentan en el concreto cuando éste falla por cargas que materialmente exceden a las que puede soportar una viga sin refuerzo, de iguales dimensiones.
2. El bambú como refuerzo en vigas de concreto aumenta la capacidad de carga hasta la falla final considerablemente por encima de la que puede esperarse de una viga de iguales dimensiones pero sin refuerzo.
3. La capacidad de carga de vigas de concreto reforzado con bambú se incrementa con el aumento del porcentaje del refuerzo de bambú hasta un valor óptimo.
4. Este valor óptimo se logra cuando el área de la sección transversal del refuerzo longitudinal de bambú es de 3 a 4% del área de la sección transversal de la viga de concreto.
5. La carga requerida para causar la falla de vigas de concreto reforzado con bambú es de 4 a 5 veces mayor que la requerida para vigas de concreto con igual dimensión y sin refuerzo.
6. Las vigas de concreto con refuerzo longitudinal de bambú, pueden diseñarse para soportar cargas de seguridad de 2 a 3 veces mayores que las que pueden soportar vigas de igual dimensión pero sin refuerzo.
7. Las vigas de concreto reforzado con bambú no sazonado, tienen una capacidad de carga ligeramente mayor que iguales secciones de concreto reforzadas con bambú sazonado no tratado. Esta afirmación es válida hasta tanto el bambú no sazonado, que se encuentra embebido en el concreto, no se encuentre seco y sazonado en el momento de aplicar la carga.
8. Cuando se utiliza bambú no sazonado y sin tratar, como refuerzo longitudinal en miembros de concreto, el bambú seco se hincha al absorber agua de la mezcla de concreto, lo que causa fisuras longitudinales en el concreto, disminuyendo por consiguiente la capacidad de carga de los miembros. Estas fisuras causadas por el hinchamiento ocurren más fácilmente en miembros que tienen un porcentaje de bambú muy alto. Esta tendencia se disminuye con el uso de concretos de fraguado rápido.

9. La capacidad de carga de miembros reforzados con bambú, varía con la dimensión de los miembros.
10. En miembros de concreto reforzados con bambú, el esfuerzo unitario en el refuerzo longitudinal de bambú, disminuye con el aumento del porcentaje de refuerzo.
11. En miembros de concreto reforzados con bambú, la resistencia final de la tensión del bambú no se afecta con los cambios en el área de la sección transversal de los miembros siempre y cuando la relación de ancho y altura sea constante, pero depende de la cantidad de bambú empleado como refuerzo.
12. Los miembros que tienen el porcentaje óptimo de refuerzo de bambú, entre 3 y 4%, pueden producir en el bambú esfuerzos de tensión entre 8.000 y 10.000 lbs/pulg^2.
13. En el diseño de miembros de concreto reforzados con bambú, pueden usarse esfuerzos de tensión de seguridad para el bambú, de 5.000 a 6.000 lbs/pulg^2.
14. Los miembros de concreto reforzado con bambú sazonado y tratado con una capa de emulsión asfáltica aplicada con brocha, desarrollan una mayor capacidad de carga que miembros iguales, reforzados con bambú sazonado no tratado o no sazonado.
15. Cuando el bambú sazonado, tratado con una capa de emulsión asfáltica aplicada con brocha, es utilizado como refuerzo longitudinal en miembros de concreto, existe alguna tendencia a que se formen fisuras en el concreto debido al hinchamiento del refuerzo, especialmente cuando el porcentaje de refuerzo de bambú es alto.
16. Cuando se usa una emulsión asfáltica como agente impermeabilizante en la superficie del bambú, debe tenerse el cuidado, de no aplicar un exceso de emulsión, puesto que ella puede actuar como lubricante, perdiéndose materialmente la adherencia entre el concreto y el bambú.
17. Los miembros de concreto reforzados con latas o listones, obtenidos de tallos de bambú no sazonados, rajándolos a lo largo de su eje horizontal, desarrollan una mayor capacidad de carga que cuando se utilizan como refuerzo, tallos completos de bambú no sazonados.
18. Los miembros de concreto reforzado con latas o listones de tallos de bambú sazonados y tratados con una capa de emulsión asfáltica aplicada con brocha, desarrollan una mayor capacidad de carga, que cuando se utilizan como refuerzo latas o listones de bambú sazonado y no tratados.
19. Cuando se utilizan como refuerzo de vigas de concreto latas o listones obtenidos de bambúes de gran diámetro, sazonados y sin tratar, aparecen fisuras longitudinales en el concreto debido al hinchamiento del bambú. Estas fisuras en el concreto tienen la suficiente intensidad para destruír la capacidad de carga de las vigas.
20. Cuando se emplea bambú no sazonado como refuerzo en miembros de concreto, después de un período de tiempo el bambú se sazona y se contrae dentro del concreto. Este sazonamiento del bambú disminuye materialmente la adherencia entre el bambú y el concreto reduciendo la capacidad de carga de los miembros.
21. Aumentando la resistencia del concreto se aumenta la capacidad de carga de los miembros reforzados con bambú.
22. Los miembros de concreto reforzados con bambú sazonado y tratado con metilurea no desarrollan una mayor capacidad de carga que secciones iguales en las cuales el refuerzo de bambú está constituído por tallos sazonados y tratados con una capa de emulsión asfáltica aplicada con brocha.
23. La capacidad de carga de miembros de concreto reforzado con tallos de bambú no sazonados o sazonados y tratados, aumenta con el empleo de latas o listones de trabazón de bambú como refuerzo de la tensión diagonal, a lo largo de las secciones de las vigas donde el esfuerzo cortante vertical es alto.
24. La capacidad de carga de los miembros de concreto reforzados con latas o listones de bambú no sazonados, sazonados o sazonados y tratados, aumenta con el empleo combinado de varillas de trabazón y doblando hacia arriba las hileras superiores de listones de bambú colocados en la parte inferior de la viga y cubriendo las secciones de las vigas donde el esfuerzo cortante vertical es alto.
25. La falla final de los miembros de concreto reforzados de bambú, usualmente es causada por fallas de tensión diagonal a pesar de que se coloque el refuerzo para la tensión diagonal.
26. Un estudio de la deflexión de todas las muestras de vigas ensayadas indicaron:
    a. Las deflexiones de las vigas cuando fueron ensayadas siguieron aproximadamente una línea recta en su variación hasta que apareció la primera fisura en el concreto.

b. Inmediatamente después de la aparición de la primera fisura se presentó un pronunciado aplastamiento en la curva de deflexión, probablemente debido a un deslizamiento local de la adherencia, seguido de otro período de variación en línea casi recta pero con una pendiente menor, hasta que se presentó la falla final del miembro. Este aplastamiento de la curva de deflexión fué más pronunciado en miembros que tenían muy poco refuerzo longitudinal de bambú.

c. En todos los casos se notó que la curva de deflexión tenía una menor inclinación después de la aparición de la primera fisura en el concreto a pesar de que se hubiera utilizado un alto porcentaje de refuerzo de bambú.

27. Cuando el comportamiento de vigas con sección en "T" reforzadas con bambú y sometidas a flexión, se comparó con el de vigas de sección rectangular, no se observaron variaciones pronunciadas.
28. Las vigas de concreto reforzadas con bambú con sección en forma de "T", al ser sometidas a flexión no mostraron ser más efectivas que si tuvieran igual sección rectangular, siempre y cuando que el ancho del alma de la viga en "T", fuese igual al de la sección rectangular y que la altura efectiva de ambas fuese igual.

2.6.3.7 Principios de Diseño y Construcción recomendados por H. E. GLENN para el Concreto Reforzado con Bambú.

1. En miembros importantes de concreto no se recomienda el uso de tallos de bambú no sazonados como material de refuerzo.
   En losas de concreto y miembros secundarios se pueden usar con éxito tallos verdes de bambú no sazonado, cuando los diámetros de los tallos no exceden de 3/4" (20 mm.). En lo posible, el bambú que se utilice como refuerzo en miembros de concreto que van a estar sometidos a flexión deben cortarse y dejarse sazonar y secar de 3 semanas a un mes antes de ser utilizados.
2. No se recomienda el empleo de tallos de bambú cortados en primavera o a comienzos del verano, como refuerzo en miembros de concreto que van a estar sujetos a flexión. Solamente deberán seleccionarse en la mata aquellos tallos que muestren una pronunciada coloración café oscura. Esta práctica asegura que los tallos seleccionados tienen por lo menos 3 años de edad.
3. Cuando se van a utilizar tallos de bambú completamente sazonados, como refuerzo en miembros importantes de concreto, sujetos a flexión, se recomienda usar algún tipo de impermeabilizante.
4. Cuando se van a emplear listones o secciones sazonados obtenidos de tallos de gran dimensión como refuerzo en miembros de concreto que van a estar sometidos a flexión, se recomienda algún tipo de impermeabilizante en el bambú en todos los miembros que soportan cargas importantes. Sin embargo, para losas y miembros secundarios y donde las secciones de concreto son de tales dimensiones que permiten la colocación del bambú con una separación libre de 1 y 1/2" a 2" (38 a 50 mm.) entre los listones o latas de bambú y entre las capas sucesivas, es recomendable el uso de listones no sazonados de bambú siempre que se utilice un cemento de fraguado rápido. En ningún caso los listones o latas de bambú deben tener un ancho que exceda de 3/4" (20 mm).
5. Se recomienda el empleo de listones o latas verticales de bambú a fin de soportar los esfuerzos de tensión diagonal en miembros que van a estar sometidos a flexión en tal forma que cubran la porción del miembro donde el esfuerzo cortante vertical sea alto y donde no es práctico doblar hacia arriba, con este propósito, el refuerzo longitudinal principal de bambú. En vigas continuas y donde sea práctico se recomienda el doblado hacia arriba del refuerzo principal longitudinal de bambú, en los puntos donde exista un esfuerzo cortante muy alto, con el fin de que soporten los esfuerzos de tensión diagonal. En todos los casos donde sea práctico, se recomienda la combinación de los dos métodos.
6. Es muy importante tener en cuenta el espaciamiento apropiado en el refuerzo de bambu. Los ensayos demuestran que cuando el refuerzo principal longitudinal del bambú está muy unido, la resistencia a la flexión del miembro se afecta adversamente. También cuando el principal refuerzo longitudinal se utiliza en hileras verticales y cuando la hilera superior está próxima al eje neutro de la viga, el área de concreto en esta sección sometida a un esfuerzo cortante horizontal, puede ser disminuida suficientemente hasta causar la falla de la viga debido al esfuerzo cortante horizontal. En muchas de las muestras ensa-

yadas a cargas de flexión, la causa de la falla se atribuyó al esfuerzo cortante horizontal, sin embargo, en muchos de los casos cuando la falla se presentó por esta causa, las fisuras horizontales que existían en el concreto se debían a la hinchazón del refuerzo de bambú.

7. Debe tenerse cuidado al colocarse el bambú de refuerzo, de alternar los extremos basal y distal del bambú en todas las hileras. Esta práctica asegura una uniformidad en la sección transversal del refuerzo de bambú a todo lo largo del miembro y el efecto resultante de cuña que se obtiene aumentará materialmente la adherencia entre el concreto y el bambú.

8. El diseño de los miembros estructurales de concreto reforzado con bambú sometidos a cargas de flexión estará regido por la magnitud de la flexión que pueda permitirse en el miembro. En todos los miembros de concreto sometidos a cargas de flexión, se presenta un alto grado de flexión en el miembro antes de que la falla ocurra. A causa de este alto grado de flexión, usualmente se presentan fallas en el miembro de concreto reforzado con bambú debido a otras causas, mucho antes de que el refuerzo de bambú alcance su resistencia final a la tensión.
Deben usarse valores de diseño que no excedan de 3.000 a 4.000 lbs/pulg² para refuerzos de flexión permisibles del refuerzo de bambú, si la tensión del miembro debe mantenerse por debajo del 1/360 de la longitud de la luz. Cuando estos valores bajos de diseño se utilizan en miembros de concreto reforzados con bambú sometidos a cargas de flexión, generalmente se obtiene un alto factor de seguridad contra rotura final.

9. Se recomienda utilizar el mismo procedimiento para el diseño estructural de miembros de concreto reforzado con aceros convencionales en el diseño de miembros de concreto reforzado con bambú. Se han establecido valores permisibles para un esfuerzo unitario de la adherencia entre el concreto y el bambú, para el esfuerzo unitario a la tensión en el refuerzo longitudinal de bambú. Estos valores recomendados deben usarse en el diseño de un miembro de concreto reforzado con bambú para cargas de flexión. Es también recomendable que las vigas en "T" sean diseñadas como vigas rectangulares ignorando el ancho del ala o pestaña en los cálculos.

10. Algunas de las más importantes características de los miembros de concreto reforzados con bambú sobre los cuales deben hacerse investigaciones futuras incluyen:

a. Empleo de aquellas especies de bambú cuyo módulo de elasticidad es mayor que el de las especies utilizadas en estos experimentos.
b. Información más exacta sobre el refuerzo de las tensiones diagonales.
c. Ensayos más amplios sobre el uso de tallos de bambú verdes no curados como refuerzo donde las condiciones sean tales que el bambú se sazone completamente mientras está embebido en el concreto;
d. Informaciones más exactas sobre la adherencia entre el concreto y el bambú;
e. El empleo de otros agentes impermeabilizantes diferentes de los utilizados en estos ensayos para impedir el hinchamiento de bambúes sazonados, cuando éstos se coloquen en concretos húmedos.

2.6.3.8 Aplicación de las Investigaciones Realizadas por H. E. GLENN en la Construcción de Varios Edificios.

Los edificios construidos en esta fase de la investigación fueron diseñados y construídos como estructuras experimentales para estudiar los resultados de los principios de diseño y construcción resultantes del trabajo de laboratorio. Se construyeron 3 edificios con estructuras diferentes que se denominaron:

Unidad No. 1 Edificio destinado para Carpintería donde se instalaría la cepilladora.
Unidad No. 2 Edificio para prensa (periodistas).
Unidad No. 3 Casa de campo que no fue completamente terminada.

UNIDAD No. 1 (Dimensiones: 9,75 x 9,75 mts. (32' x 32')

La estructura de este edificio fué la primera en construirse. Las zapatas, machones, columnas, viguetas, vigas, losa de piso y la mayor parte de la cubierta se fundieron in situ en concreto reforzado con bambú. Las paredes estaban formadas por unidades prefabricadas en concreto reforzado con bambú como también los paneles de iluminación del techo.

Las mezclas de concreto utilizadas se prepararon en la siguiente proporción: Mezcla No. 1: Proporción 1 : 2 : 3 y 3/4 por volumen. Se emplearon cemento Portland, arena y como agregado, triturado de piedra de cantera.

Mezcla No. 2: Proporción 1 : 2 : 3 y 3/4 igual a la anterior, pero se empleó en lugar de arena Columbia, arena de río.

Mezcla No. 3: Proporción 1 : 1 y 1/2 : 3. Se emplearon cemento Portland, arena Columbia y como agregado, escoria.

Mezcla No. 4: Igual a la anterior, pero se empleó cemento Portland de fraguado rápido.

La losa del piso de concreto reforzado con bambú estaba soportada por vigas y viguetas en la forma en que se muestra en el dibujo R—1 y R—2. Las viguetas estaban soportadas por columnas de concreto reforzado con bambú sobre zapatas en igual forma.

Losa No. S—1: Con un espesor de 4", reforzada con tallos sazonados no tratados, con diámetros promedios de 5/8", separados 2" entre centros en la parte inferior de la losa, con tallos alternados doblados a 1/4 de la luz hacia la parte superior de la placa. Se empleó mezcla No. 4.

Losa No. S—2: Con el mismo espesor que la anterior. La distribución y separación del refuerzo fueron los mismos que para la losa S—1, con la diferencia de que el bambú utilizado no estaba sazonado ni tratado.

Losa No. S—3: Con el mismo espesor, distribución y separación empleados en las losas anteriores, con la diferencia de que en esta placa se empleó Mezcla No. 3.

Losa No. S—4: Con una luz de 8 pies de centro a centro de los soportes. Se emplearon tallos de bambú de 1/2" de diámetro, bien sazonados y tratados con emulsión asfáltica, espaciados de 1" a 1½" entre centros en la parte inferior de la losa, con tallos alternados doblados hacia arriba en el cuarto de la luz. Se empleó la Mezcla No. 2.

Losa No. S—5: De igual espesor y distribución que la anterior, sólo que se emplearon como refuerzo tallos de bambú verde no sazonados con diámetros de 5/8". Se utilizó Mezcla No. 2. La cubierta con un espesor de 2½" estaba soportada sobre vigas con una luz de 16', separadas entre sí 4' entre centros. Las vigas estaban soportadas en las paredes por columnas cuadradas prefabricadas de 6" de lado. Los soportes interiores de la cubierta estaban formados por viguetas que descansaban sobre columnas de concreto cuadradas de 8" de lado. El alma de las vigas de la cubierta por debajo de la losa, tenían 8" de ancho por 12" de altura, la misma sección se utilizó para viguetas interiores. El refuerzo en las vigas y viguetas consistía de 12 tallos de 3/4" de diámetro no sazonadas colocadas en 4 hileras. La losa estaba reforzada por tallos verdes no sazonados de 1/2" de diámetro espaciados 3" entre centros. La Mezcla utilizada en vigas, viguetas y losa fué 1 : 2 : 4 y 1/2, por volumen.

En todos los miembros, el área de la sección transversal del refuerzo de bambú de la parte inferior, fué el doble de la colocada en la parte superior.

Se colocaron estribos verticales, consistentes en tallos de bambú, puestos a ambos lados de las vigas y viguetas, separados 8" entre centros hasta un cuarto de luz.

Las paredes laterales fueron prefabricadas en concreto reforzado con bambú, con una longitud de 4' por 21" de ancho. Se hicieron en tal forma que se fijaban a las ranuras hechas en las columnas prefabricadas. Para fijar estos prefabricados a las columnas se colocan unas losas de 18" de largo por 2' de ancho con una traba. *Véase fotografía y dibujos Nos. 1 y 2.*

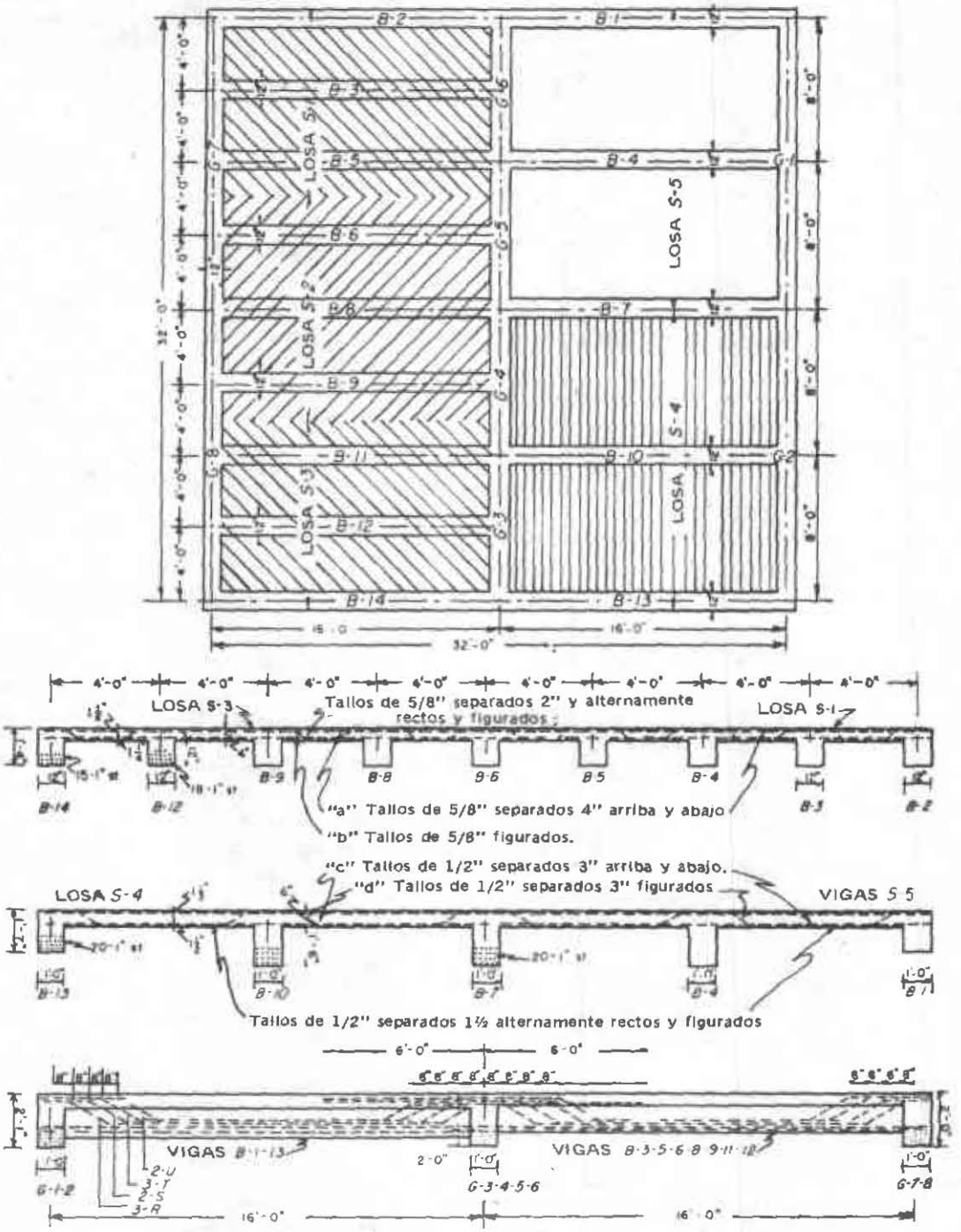
RESULTADOS DE LA ESTRUCTURA No. 1

Los resultados que se anotan a continuación fueron observados 3 años y 6 meses después de construída la unidad No. 1.

1. Las zapatas, columnas, viguetas, vigas y losas de la estructura del primer piso estaban en buenas condiciones. Se aplicaron al piso cargas mayores que las diseñadas. Algunas fisuras se desarrollaron en las vigas y viguetas pero ninguna se ha observado en la losa del piso. Las fisuras en las vigas y viguetas no han progresado hasta el presente. En las vigas y viguetas donde se utilizó escoria como agregado se ven más fisuras que en las que se utilizó triturado como agregado. No parece haber marcada diferencia en el comportamiento de los miembros estructurales debido a la variación en la preparación del refuerzo de bambú utilizado.

   No parece haber diferencia en la capacidad de carga de los miembros donde se utilizaron como refuerzo tallos no sazonados, sazonados, tratados y no tratados.

   En los miembros donde se emplearon tallos sazonados no tratados se empleó cemento de fraguado rápido. En ninguno de los miembros se observaron fisuras en el concreto debidas a la acción de hinchamiento del bambú. En la actualidad la placa del piso y los miembros de soporte están en forma satisfactoria en todo sentido.



LOSAS

LOSA S—1, mezcla No. 4, reforzada con bambú sazonado no tratado de 3/4" de diámetro.

LOSA S—2, mezcla No. 1, reforzada con tallos de bambú no sazonado de 3/4" de diámetro.

LOSA S—3 mezcla No. 3, reforzada con tallos de bambú sazonados y tratados con emulsión asfáltica, de 3/4" de diámetro.

LOSA S—4, mezcla No. 4, reforzada con bambúes tratados como el anterior y de igual diámetro.

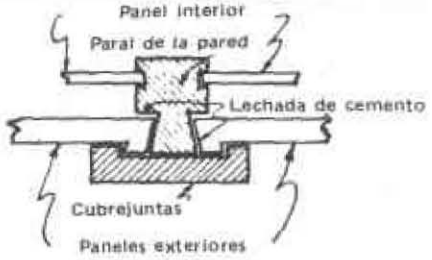
LOSA S—5, mezcla No. 2, reforzada con tallos no sazonados de 3/4" de diámetro.

Ver tabla de mezclas de concreto y refuerzo de bambú para las vigas y viguetas.

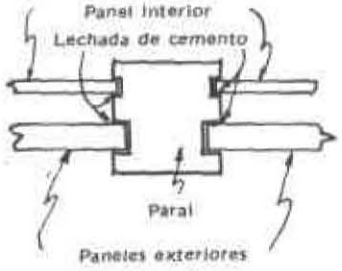
REFUERZO DE LOSAS Y VIGAS
CARPINTERIA

CONCRETO REFORZADO CON BAMBU
CLEMSON COLLEGE, S.C.

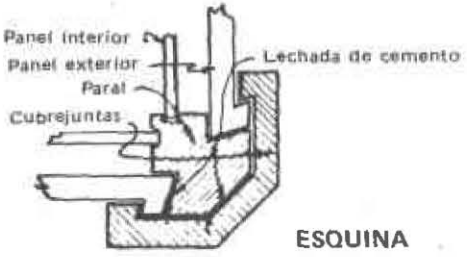
R1



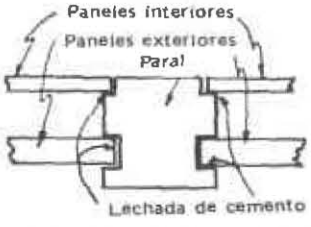
PARED SUR Y OCCIDENTAL



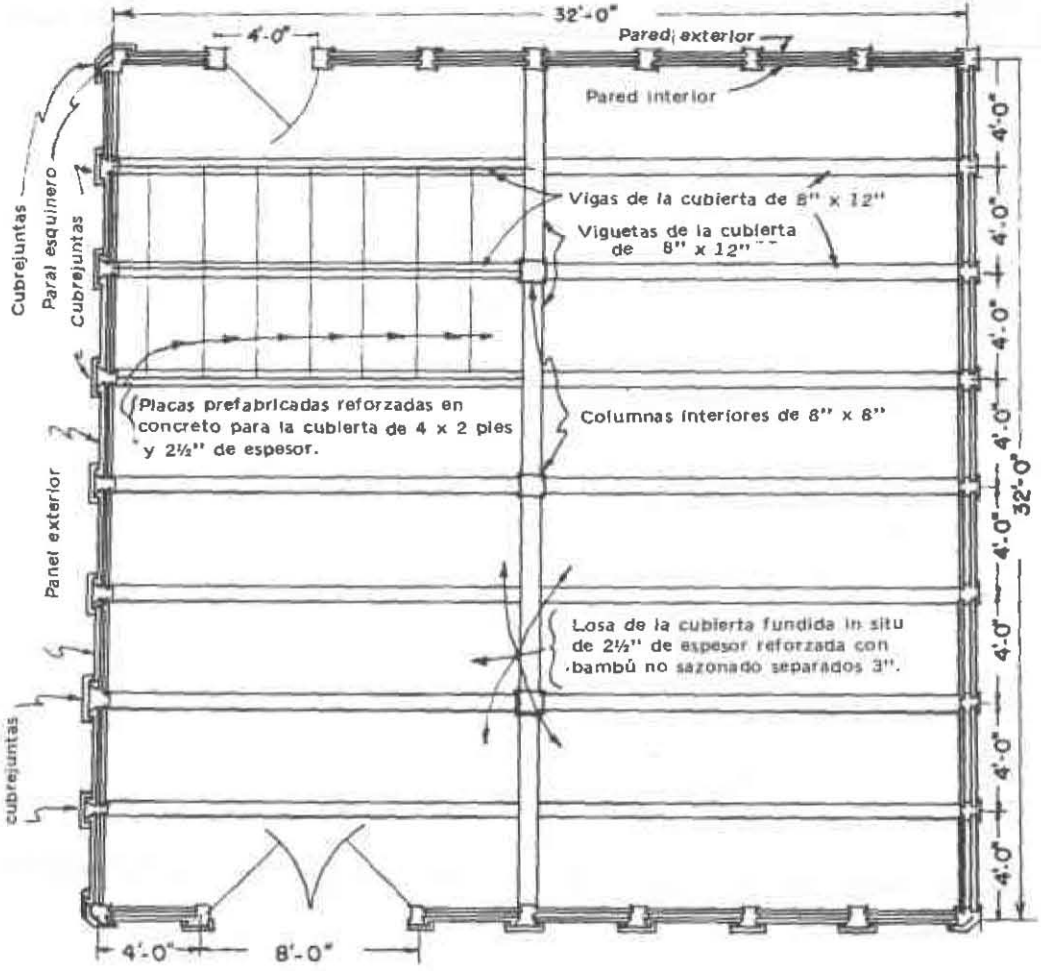
PARED NORTE



ESQUINA



PARED ORIENTAL



PLANTA DEL PRIMER PISO
CARPINTERIA
PREFABRICADO DE
CONCRETO REFORZADO CON BAMBU
CLEMSON COLLEGE, S.C.

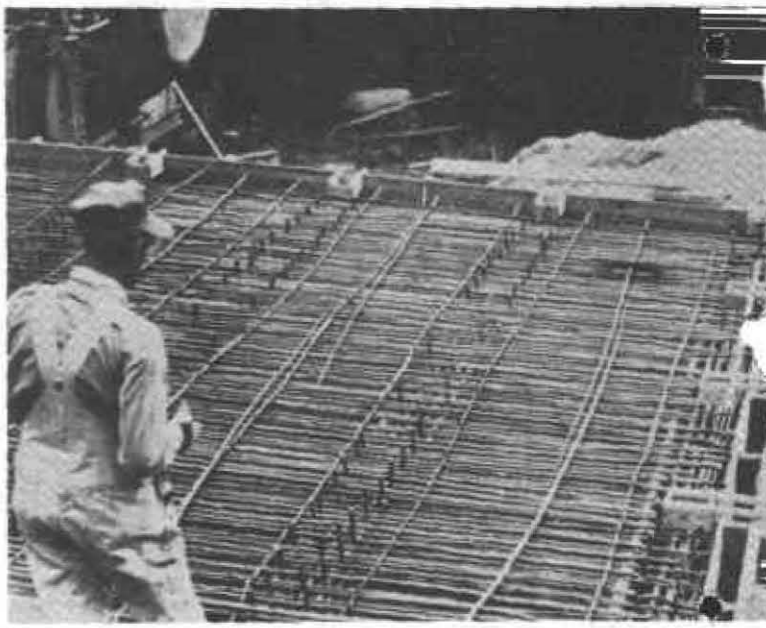
R2

2. Las vigas y viguetas que soportan el techo no están en forma satisfactoria. Las fisuras se presentaron en estos miembros entre las 2 semanas y 2 meses después de construídas. Estas fisuras fueron aumentando progresivamente hasta amenazar seriamente la seguridad de la estructura. A los 6 meses de terminada la construcción fue necesario apuntalar la mayor parte de los miembros. Se presentaron deflexiones en algunos miembros hasta de 6" lo que empujó hacia adentro las columnas y paredes.
No se presentaron fisuras en la losa de cubierta y esta parte de la estructura puede considerarse como satisfactoria.
Existen varios factores que pudieron haber contribuido a la falla causada desde un principio en las vigas y viguetas de la cubierta y la combinación de todos ellos, como se anota a continuación, pudieron cuasar la falla final:

a. Debido a un error en el peso de los materiales la mezcla de concreto no se preparó bien. Había sido diseñada en una proporción 1 : 2 : 3 y 3/4 y cuando se chequeó correspondía a 1 : 2 y 1/4 : 4 y 1/4.

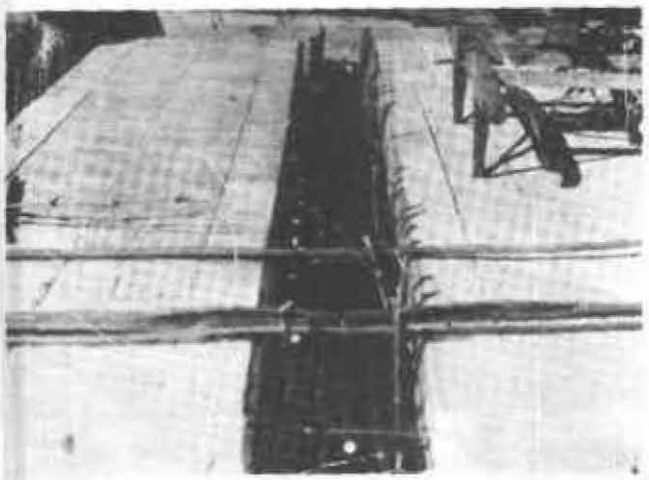
b. El método de colocación del bambú de refuerzo en las formaletas de las vigas y viguetas fué diferente al utilizado en los miembros de la losa de piso en las que las varias capas de bambú no se amarraron juntas.

c. Debido al hecho de que el refuerzo de bambú no se ancló a las formaletas cuando se estaba vaciando el concreto, éstas tuvieron la tendencia a flotar en el concreto. Las observaciones realizadas en algunas vigas y viguetas, en las cuales el concreto se agrietó, muestran la hilera inferior de bambú separada de 3" a 4" de la base cuando debería estar sólo a 1".



La fotografía muestra la colocación del refuerzo de bambú en la losa S, y de las vigas y viguetas correspondientes al edificio destinado al Taller de Carpintería. El refuerzo negativo falta aún por colocar en la losa, en la zona de los soportes.

La fotografía muestra el refuerzo inferior de las vigas y viguetas. Nótese el bambú colocado verticalmente para la tensión diagonal.



d. El bambú utilizado en todos los miembros portantes de la losa estuvo expuesto a los rayos directos del sol durante el verano; es muy posible que el calor y la falta de humedad hubiesen sazonado los tallos embebidos en el concreto.
También, durante el invierno, se colocó en la parte interna un horno secador con el propósito de curar los miembros prefabricados de concreto para otra estructura y el vapor que se escapaba del horno hizo que la estructura estuviera sometida a diferentes cambios de temperatura lo cual pudo producir una contracción en el refuerzo de bambú y disminuir la adherencia.

e. Un análisis de las vigas y viguetas que soportan la losa del techo, utilizando los mismos datos de diseño empleados para la losa del piso, revela que el alma de los miembros inferiores de la losa deberían tener 10" x 12" en lugar de 8" x 12".

b. UNIDAD No. 2 (Dimensiones 60' x 3').

La estructura No. 1 era tipo caja con vigas y viguetas empleadas en la forma más simple en el diseño y construcción. En contraste la Unidad No. 2, era mucho más complicada. El edificio de 3 pisos fué construído completamente monolítico, fundido in situ en concreto reforzado con bambú.

El edificio estaba localizado a un lado del estadio de fútbol para el uso de periodistas locutores y cuarto de fotografía.
El diseño y los principios incorporados en la estructura fueron:

1. Losas planas con luces continuas y no continuas.
2. Vigas rectangulares con luces continuas y no continuas.
3. Vigas de sección en "T" parciales y totales con luces continuas y no continuas.
4. Muros portantes sobre zapatas.
5. Paredes y viguetas soportadas por columnas.

1) PRIMER PISO

El piso de concreto fue construído sobre una capa de 3 pulgadas de escoria compactada sobre tierra apisonada. El refuerzo de la losa de concreto consistió en tallos de bambú no sazonados de 3/4" de diámetro espaciado en ambos sentidos 10" entre centros. Las zapatas de los muros eran en concreto reforzado con bambú, con trabazón de este elemento para amarrar los muros a las zapatas. Las paredes se hicieron de 12" de espesor, reforzadas con bambú no sazonado de 3/4" de diámetro espaciados entre centros 12", tanto vertical como horizontalmente, tanto en la parte posterior como anterior de las paredes. Las paredes de las fachadas tenían 18" de espesor hasta el antepecho de las ventanas y allí se dividían en un muro exterior de 8" y uno interior de 5" con una separación interior de 5". El refuerzo de las paredes interiores y exteriores consistía de tallos no sazonados de 3/4" de diámetro espaciados 12" entre centros en dirección vertical y 24" en dirección horizontal en el frente y en la parte posterior de la pared.

2) SEGUNDO PISO

El piso consistía de una losa de concreto no continua de 4" de espesor, con una luz entre las paredes soportantes de 4½ pies. El bambú de refuerzo de 1/2" de diámetro no estaba sazonado. El espaciamiento era de 4" entre centros en la dirección de la luz y 12" en sentido perpendicular al anterior.

El piso de la sección posterior de periodistas consistía en una losa de concreto no continua, de 4" de espesor con una longitud entre soportes de 5'6". El refuerzo de bambú eran tallos no sazonados de 1/2" de diámetro espaciados 3" entre centros en la sección de la luz y 12" en sentido perpendicular.

El refuerzo para las losas superiores se hizo en latas de bambú tejido, amarrado con alambre, después de lo cual se clavó sobre la formaleta. Se colocaron sillas o elevadores prefabricados de concreto colocados antes de clavar el tejido para separar el refuerzo de las formaletas de madera. Esto se hizo para evitar que el refuerzo de bambú flotara una vez se vaciara el concreto.

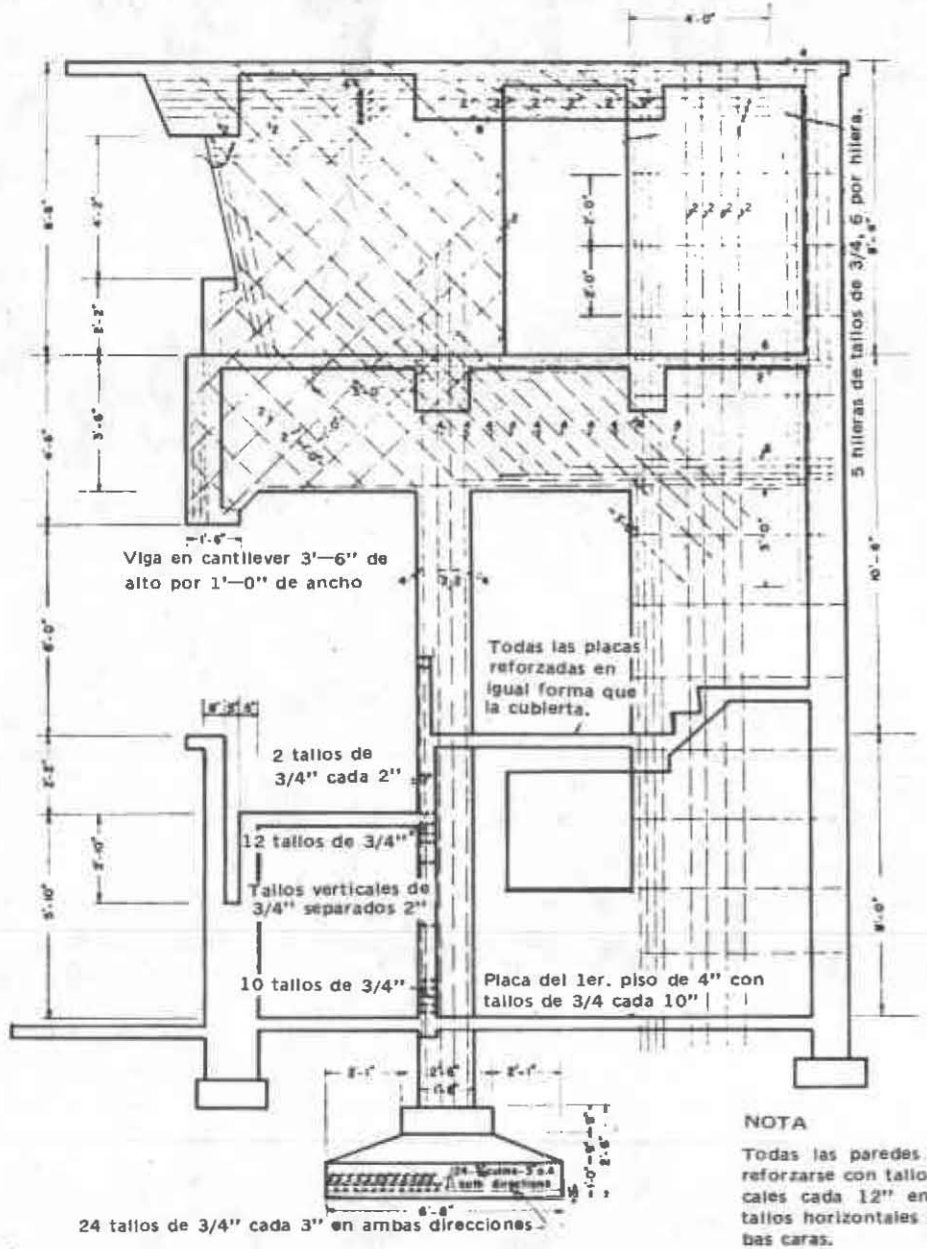
El alma de las vigas con sección en "T" colocadas debajo de la placa de 4" de espesor tenían 12" de ancho y 8" de altura. La longitud de la luz para la viga 6F — B5 era de 15' y la de la viga 6F — B6, 7'. El refuerzo de bambú consistía de 18 tallos no sazonados con un diámetro de 3/4" colocados en 3 hileras en la porción inferior de las vigas. Sobre el soporte interior se colocó un refuerzo similar en la parte superior de las vigas, este refuerzo se extendió a un tercio de la porción adyacente.

3) TERCER PISO

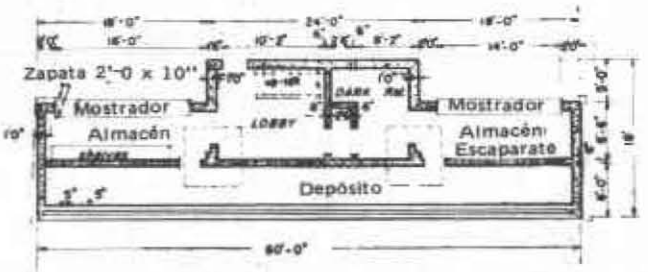
El piso de la sección de radio y fotografía consistía de una losa continua de 4" de espesor sobre dos soportes interiores. El bambú de refuerzo en toda la losa consistía de tallos no sazonados de 1/2" de diámetro espaciados 3" entre centros en la dirección de la luz y 12" entre centros, perpendicular a la anterior; dejando un recubrimiento inferior de 1/2 pulgada.
Sobre el soporte interior se colocó un refuerzo negativo del mismo tipo y cantidad usado en la parte inferior de las losas. Este refuerzo se extendió hasta 1/3 de la luz adyacente.

Las vigas continuas $2B_1$ y $2B_2$, de sección rectangular servían de dintel para las ventanas del piso inferior. Estas vigas tenían 8" de ancho y 6'-8" de altura. El refuerzo de bambú consistía de 16 tallos parcialmente sazonados con un diámetro de 1" colocados en 8 hileras en la porción inferior de la viga. En el soporte del cantilever exterior se colocaron 8 tallos en la parte superior de la viga, parcialmente sazonados con un diámetro de 1" que se extendieron hasta 1/3 de la luz.

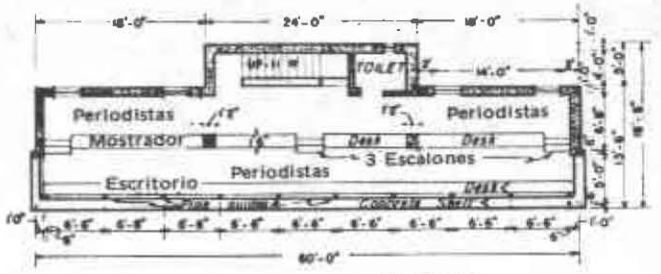
En los soportes interiores se colocaron 10 tallos del mismo tipo en la parte superior de las vigas extendiéndose este refuerzo hasta 1/3 de las luces adyacentes.



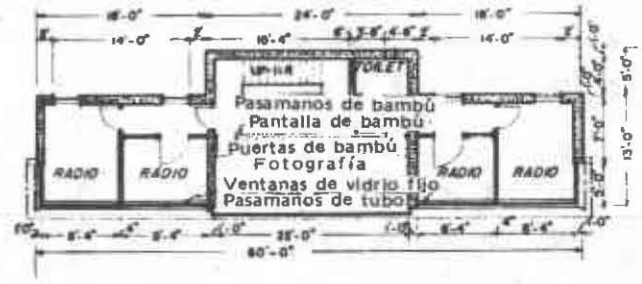
DETALLES DEL REFUERZO DE LAS VIGAS EN CANTILEVER



PRIMER PISO



SEGUNDO PISO – PRENSA



TERCER PISO – RADIO

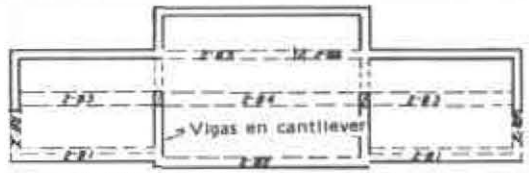
NOTA

Todas las paredes exteriores deben reforzarse con tallos de bambú verticales cada 12" entre centros, con tallos horizontales cada 24" en ambas caras.

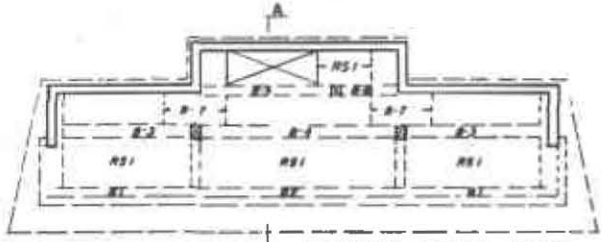
Ver detalle del Techo Dibujo No. P2 para el refuerzo de las otras vigas.

EDIFICIO PARA LA PRENSA
PLANTAS Y DETALLES
DEL REFUERZO
CONCRETO REFORZADO CON BAMBU
CLEMSON COLLEGE, S.C.

P1

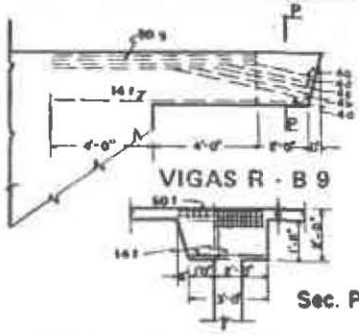


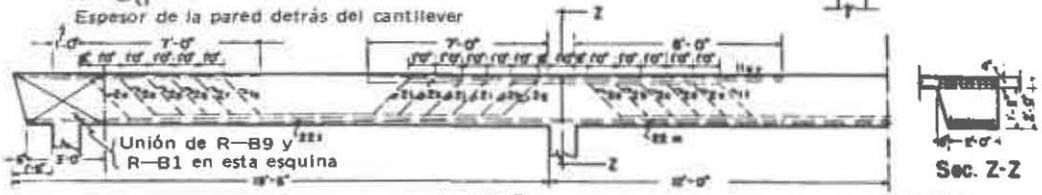
DETALLES DE ARMADO 1o. y 2o. PISOS



FRAMING DETAIL - ROOF

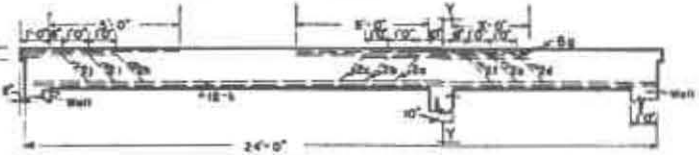
VIGAS 2 - B9



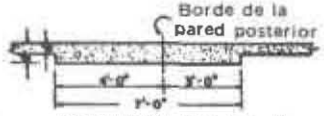


VIGAS B 1 Y B 2

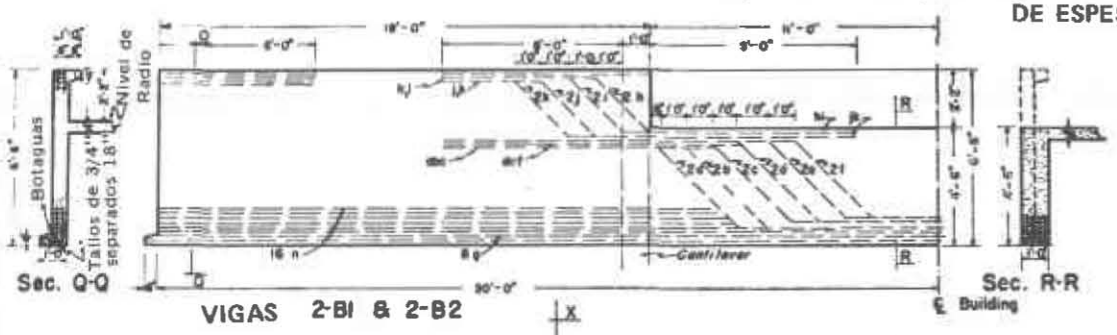
SECCION DE LA CUBIERTA A – A



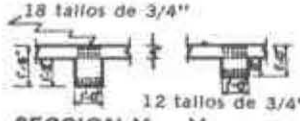
VIGAS B5, B6 (Para el techo y 2o. piso)
1–B5, 1–B6 (Primer piso) IGUAL DETALLE PERO DE 1'–0" DE ESPESOR



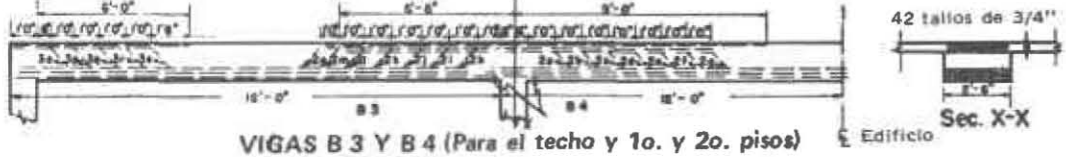
SECCION POR B–7



VIGAS 2-B1 & 2-B2



SECCION Y – Y
VIGAS DEL TECHO B5, B6, 2-B5, 2-B6
PRIMER PISO VIGAS B5, B6

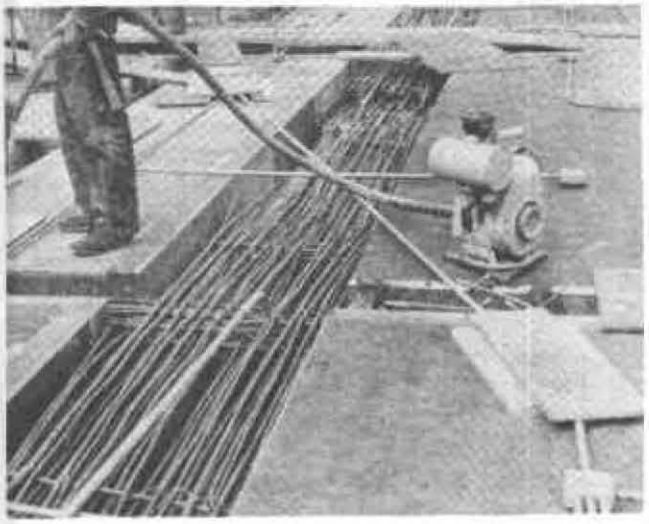


VIGAS B 3 Y B 4 (Para el techo y 1o. y 2o. pisos)

EDIFICIO PARA LA PRENSA
DETALLES DE REFUERZO
PISOS 1o, 2o, 3o. CUBIERTA

CLEMSON COLLEGE, S.C.

P2



La fotografía muestra la distribución del refuerzo de bambú en las vigas 2-B3 y 2-B4 del Edificio para Periodistas. Nótese el refuerzo negativo sobre los apoyos.

Las vigas $2B_2$ tenían una luz de 22' y eran continuas sobre cada soporte. El ancho de la viga era de 12" y la altura de 4' — 6". El refuerzo consistía de 20 tallos parcialmente sazonados con un diámetro de 1" colocados en 5 hileras en la parte inferior de la viga.

Para el momento negativo se colocó un refuerzo en la parte superior de la viga en el soporte del cantilever, para lo cual se doblaron hacia arriba las 3 hileras superiores del refuerzo principal longitudinal; adicionándose 8 tallos lo que daba un total de 20 tallos en la parte superior de la viga sobre el soporte y extendidos hasta 1/3 de las luces adyacentes.

Las vigas $2B_3$ para el tercer piso y la cubierta eran similares en luz, sección y refuerzo. La longitud de la luz era de 17' y la sección por debajo de la placa de 30" de ancho por 14" de alto. Estas vigas eran continuas sobre las paredes interiores y parcialmente continuas sobre las paredes exteriores de soporte. El refuerzo consistía de 42 tallos, parcialmente sazonados con un diámetro de 3/4" colocados en hileras próximas a la parte inferior de las vigas.

Para el momento negativo en las columnas interiores de soporte se colocó la misma cantidad y tipo de bambú en la parte superior de la viga, extendiendo el refuerzo hasta 1/3 de la luz adyacente.

Las vigas $2B_4$ para el tercer piso y la B_4 para la cubierta eran similares en luz, sección y refuerzo. La luz para estas vigas era de 22'. La sección y refuerzo eran los mismos de la viga B_1.

Las vigas B_5 y B_6 de la cubierta y las $2B_5$ y $2B_6$ del tercer piso eran similares en luz y refuerzo. Las vigas B_5 y $2B_5$ tenían una luz de 15' y en la B_6 y $2B_6$ la luz era de 8'. La sección de la "T" debajo de la losa de estas vigas tenía un ancho de 12" y una altura de 14". El refuerzo consistía de 18 tallos parcialmente sazonados con un diámetro de 3/4" colocados en 3 hileras en la parte inferior de la viga. En los soportes interiores, para el momento negativo se colocaron igual número de tallos de bambú en la parte superior de la viga extendiéndose hasta 1/3 de la luz adyacente. *Ver dibujo P — 2.*

4) LOSA DE CUBIERTA Y SOPORTES

La losa de cubierta era continua sobre 2 soportes inferiores con un cantilever de 30" de ancho a todo lo largo del frente y de los lados de la estructura. El espesor de la losa era de 4". El refuerzo consistía de tallos de bambú no sazonados con un diámetro de 1/2" espaciados 4" entre centros y un recubrimiento inferior de una pulgada.

En los soportes interiores se colocó el refuerzo en la misma dimensión, tipo y espaciamiento que se colocó en la losa superior. Este refuerzo se extendió hasta 1/3 de la longitud de la luz. El cantilever del frente y de los lados se reforzó con el mismo tipo, espaciamiento y tamaño de los tallos utilizados como refuerzo en la losa principal, colocándose 1" pulgada por debajo de la superficie. El refuerzo de temperatura se colocó en ángulo recto con relación al refuerzo principal, consistía de bambúes de 1/2" separados 12". Las vigas B_3, B_4, B_5 y B_6 ya se describieron.

La fotografía muestra parte del refuerzo de bambú de las vigas B-1 y B-9 del Edificio para Periodistas. Nótese que la hilera superior del refuerzo inferior de la viga B-1, se ha doblado hacia arriba en la parte correspondiente al cantilever de la viga B-9.

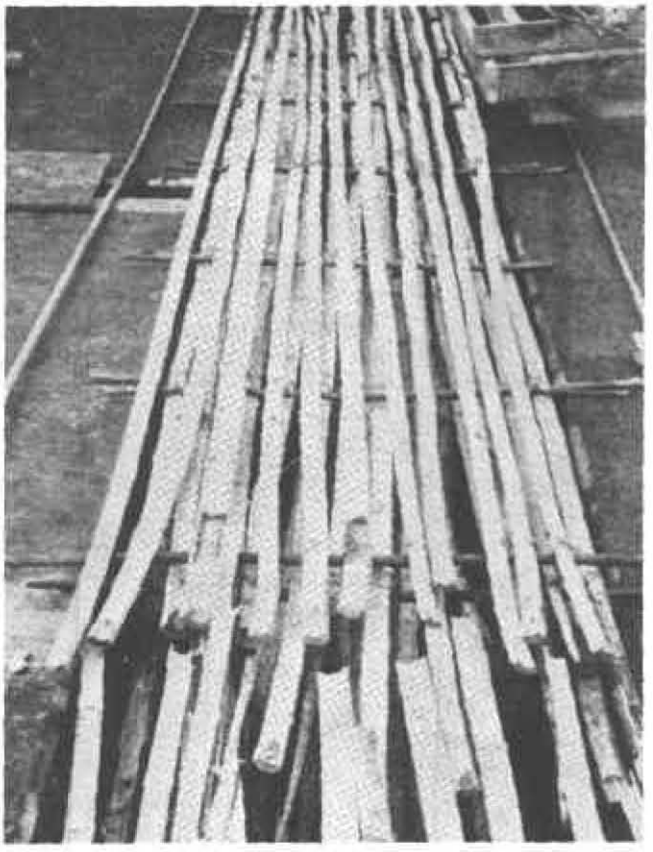
Las vigas B_1 y B_2 eran continuas a lo largo de la parte frontal de la estructura y estaban soportadas en sus extremos por vigas en cantilever. Las vigas interiores B_2 con una luz de 22', eran continuas sobre ambos soportes. La luz de las vigas B_1 era de 17' y continuas sobre soportes interiores y parcialmente continuas sobre los soportes en cantiléver exteriores.

El alma de la viga B_1 y B_2 con sección en "T", debajo de la losa, tenía un ancho en la base de 24" y en la parte superior un ancho de 30" con una altura de 20". El refuerzo para estas vigas se hizo rajando parcialmente tallos de bambú sazonado que tenían un diámetro de 5" en tiras o latas de 3/4 a 1".

El refuerzo para el momento positivo consistía de 33 piezas colocadas en 3 hileras cerca a la base de la viga. Para el momento negativo se dobló la mitad del refuerzo positivo de la parte inferior de las vigas adyacentes, hacia arriba. Esta distribución dió la misma área de la sección transversal para el refuerzo colocado en la parte superior de la viga sobre los soportes que para el refuerzo central de las vigas entre soportes. Ver dibujo P—2 y fotografías adjuntas. Este mismo sistema se empleó para las vigas B_1, sin embargo, en este caso el refuerzo solamente resultó tener en la parte superior la mitad del área de la sección transversal de la mitad de la viga.

Las vigas RB_9, en cantilever de 6' de longitud estaban provistas con soportes para las vigas B_1. Estas vigas tenían una altura debajo de las placas de 18" con un ancho promedio de 39"; el refuerzo consistía de 50 varillas o latas de bambú colocadas en 4 hileras en la parte superior de la viga, extendiéndose el refuerzo sobre la pared más alta del cantiléver en una distancia de 4'.

La fotografía muestra las tablillas de bambú utilizadas en el refuerzo de las vigas B-1 y B-2 del Edificio para Periodistas.



5) COLUMNAS

El bambú de refuerzo de las columnas se extendía desde el piso hasta el nivel del tercer piso y soportaba las particiones interiores que dividían la sección de periodistas. También soportaban las vigas en cantilever B_{10} y $2B_{10}$ que a su vez eran los soportes interiores para las vigas B_1, B_2, 2B y $2B_2$. La sección de la columna era de 14" x 8" con 18" de lado en la dirección de las vigas en cantilever. El refuerzo consistía en 18 tallos no sazonados con un diámetro de 3/4". Ver dibujos *P—1 y P—2.*

a) RESULTADOS DE LA ESTRUCTURA No. 2

El primer concreto se fundió en el edificio el 28 de Enero de 1944 y el último en fundirse fué la cubierta el 3 de abril de 1944. En el momento de escribir este reporte, la estructura tenía 5 años.

1. Varias fisuras se han desarrollado en la estructura pero la mayor parte de ellas se atribuyen a la contracción del concreto.

Edificio para Periodistas una vez terminado. Las paredes marcadas con una "X" no son portantes. La fotografía fue tomada antes de la instalación de los vidrios de la fachada.

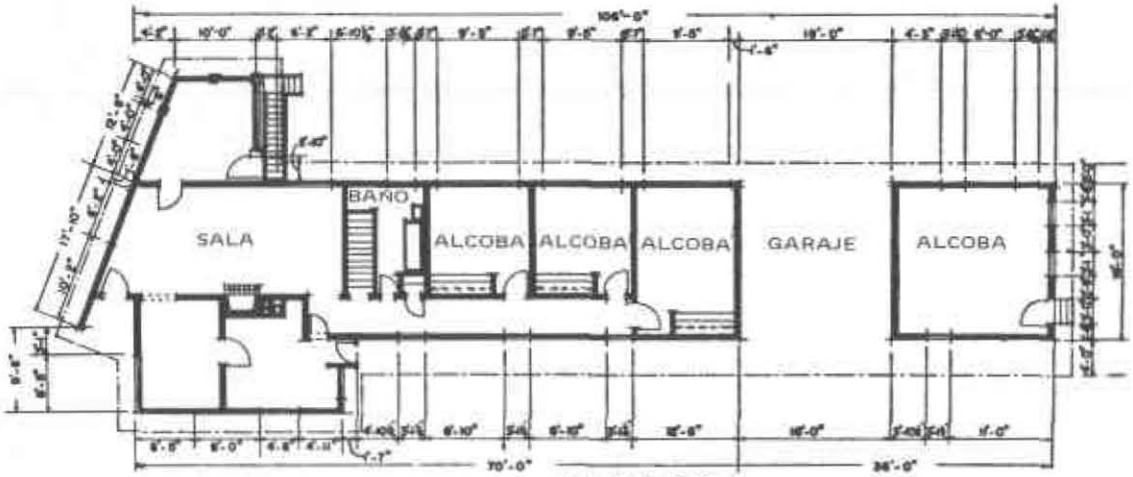
2. El concreto en las losas del segundo y tercer piso han desarrollado fisuras en dirección paralela al refuerzo principal de bambú en un punto localizado en el centro de los 60 pies de la losa. El concreto de la cubierta muestra iguales fisuras en el cantilever que ha progresado hasta la viga B_4. Todas estas fisuras son paralelas a la dirección del refuerzo principal y por esta razón no afecta la seguridad de la estructura.
3. Las vigas de la cubierta B_2 y B_4 presentaron pequeñas fisuras en la base de los miembros extendiéndose hacia arriba alrededor de 6".
4. La pared frontal tiene una fisura aproximadamente en la mitad de los 60' de longitud, comenzando en el cimiento y extendiéndose hasta el nivel de la ventana en el segundo piso.
5. Las fisuras en las vigas continuas B_1 y B_2 no estaban en el punto del momento máximo positivo. Se presentaron a 1/3 de la luz desde el soporte. Como fisura en este lugar puede asumirse teóricamente que se encuentra en el punto donde el momento es igual a cero. Por ello se consideró que las fisuras fueron causadas por la contracción del concreto. Las. vigas B_1 y B_2 forman miembros continuos de 60' de longitud con los extremos fijados por soportes rígidos en los extremos del cantilever. Las paredes forman conexiones rígidas similares para las vigas B_3 y B_4. Debido a estas condiciones se asumió que las fisuras no fueron causadas parcialmente sino en su totalidad por contracción del concreto.
6. Las medidas de flexión tomadas en las vigas y losas que muestran fisuras en el concreto demuestran que los miembros se han deflectado muy poco.
7. La observación de la estructura después de 5 años de servicio no demuestra fisuras adicionales en el concreto y no se ha observado que las fisuras hayan progresado hasta una extensión apreciable.
8. Se recomienda para edificios de este tipo aumentar el refuerzo contra esfuerzos de temperatura en mayor proporción que el usado en esta estructura.
9. La estructura ha sido cargada hasta su capacidad en muchas ocasiones y no se ha observado debilitamiento alguno en cualquiera de sus miembros.
10. En el presente debe concluírse que la estructura ha resistido las cargas diseñadas sin mostrar signos de debilidad y ha sido completamente satisfactoria desde el punto de vista estructural.

c. UNIDAD No. 3 – CASA DE CAMPO

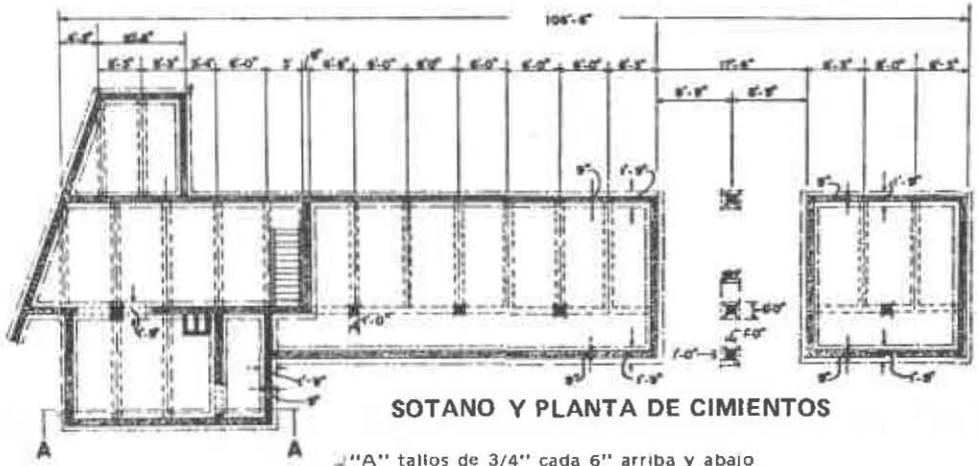
El dibujo No. F—2, muestra la planta de la estructura de este edificio. Se dejó un sótano debajo de la porción norte de la estructura. El piso del sótano fue construido colocando una capa de 3" de escoria compactada sobre tierra y encima de ésta una capa de concreto monolítico de 3/4" de espesor. Tallos nativos de bambú con diámetros de media pulgada a tres cuartos de pulgada y espaciados 12 pies entre centros en ambas direcciones como refuerzo contra esfuerzos de temperatura. Las paredes del sótano fueron construidas en concreto reforzado con bambú de 9" de espesor que descansaban sobre cimientos de 9" de espesor y 21" de ancho. El refuerzo de bambú en las paredes consistía de tallos no sazonados de 3/4" de diámetro espaciadas 12" entre centros en dirección horizontal y vertical tanto en la cara frontal de la pared como en la posterior.

La losa del primer piso que cubre el espacio sobre el sótano, consistía de una losa continua reforzada con bambú y soportada por vigas espaciadas 6 pies entre centros. La losa de 4" de espesor estaba reforzada con tallos de bambú no sazonados que tenían un diámetro de tres cuartos de pulgada espaciados 3" entre centros y colocados a 1" por encima de la cara inferior de la placa. Para el momento negativo se colocaron sobre las vigas de soporte tallos nativos no sazonados de 3/4" de diámetro, en la parte superior de la losa extendiéndose hasta 1/3 de las luces adyacentes. El refuerzo de temperatura consistía de tallos no sazonados de 3/4 de pulgada de diámetro espaciados 8" entre centros en dirección perpendicular al eje longitudinal del refuerzo.

Las vigas con una separación entre soportes de 12 pies tenían una sección debajo de la losa de 12" de ancho y 10" de altura. Estas vigas se reforzaron con 12 tallos de bambú no sazonados con diámetros de 1", colocados en 3 filas en la porción inferior del miembro. En los lugares donde las vigas eran continuas sobre soportes, el refuerzo de bambú que se colocó era de la misma condición y área de sección al colocado en la parte superior de las vigas y extendiéndose a 1/3 de la luz adyacente. El ala sur del edificio, que tenía 18 pies de ancho por 42 pies de largo, no tenía sótano. La losa de concreto del piso reforzada con bambú, estaba soportada por vigas de piso de concreto reforzado, espaciadas de 6' - 6" a 4' - 6" entre centros. La losa del piso colocada sobre 2 soportes interiores era del mismo espesor y tenía el mismo refuerzo que la losa sobre el sótano en la porción norte del edificio. Las vigas que soportaban el piso descan-



PRIMER PISO

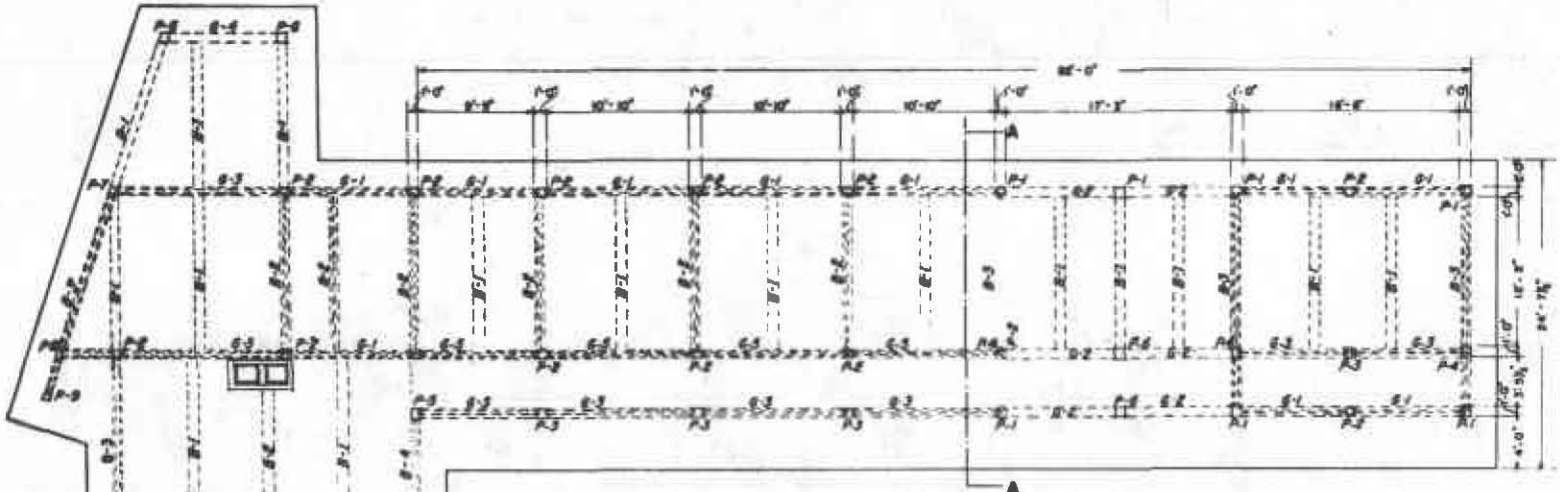


SOTANO Y PLANTA DE CIMIENTOS

DETALLES DEL SOTANO – SECCION AA

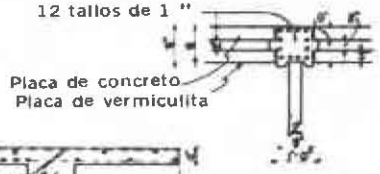
RESIDENCIA CAMPESTRE
PRIMER PISO – SOTANO
Y PLANTA DE CIMIENTOS
CONCRETO REFORZADO CON BAMBU
CLEMSON COLLEGE, S.C.

F1

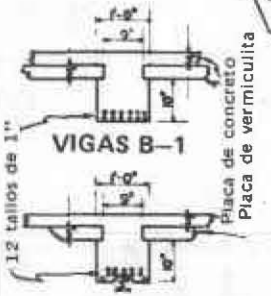


PLANTA DEL ARMADO DE LA CUBIERTA Y MUROS

"A" Tallos de 3/4" cada 6" arriba y abajo
"B" Tallos de 3/4" cada 6" doblados sobre el soporte



COLUMNAS P–2, P–4



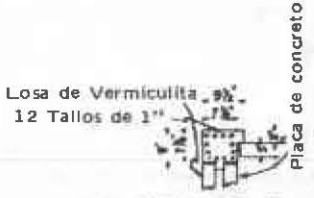
VIGAS B–1

VIGAS B-2 VIGAS G-3

"C" Tallos de 3/4" cada 3" arriba y abajo.
"D" Tallos de 3/4" cada 12" arriba y abajo.
"E" Tallos de 1"

Placas prefabricadas de concreto de vermiculita
Placas de concreto de 3" de espesor de columna a columna
Placa prefabricada de concreto de vermiculita de 3" de espesor con ancho de columna a columna.

Para detalle de las losas ver dibujo F–1



COLUMNAS P–5

SECCION AA

COLUMNAS P–1

COLUMNAS P–3

RESIDENCIA CAMPESTRE
ARMADO DE LA CUBIERTA

CLEMSON COLLEGE, S.C.

F2

saban sobre pilotes cortos con cimientos en concreto reforzado con bambú. Estas vigas de piso tenían la misma luz, sección y distribución de la provista para las vigas de soporte sobre el sótano en la porción norte del edificio. Esta misma distribución del refuerzo de bambú se utilizó en las vigas y en la losa del piso en el cuarto localizado al sur del garage como se muestra en la unidad B en los planos. Los detalles de la estructura del techo se muestran en los dibujos F—1 y F—2. La losa de concreto reforzado en bambú era continua sobre soportes de vigas de concreto reforzado en bambú. Estas vigas estaban espaciadas 6 pies entre centros y tenían una luz de 13 pies entre las vigas de soporte.

Las vigas interiores y exteriores estaban soportadas por columnas de 6" x 8" espaciadas 12 pies entre centros. Las vigas principales y secundarias tenían una sección debajo de la losa de 12" de ancho por 10" de altura. El refuerzo de todas las vigas consistía de 12 tallos no sazonados con un diámetro de 1" espaciados en 3 hileras en la sección inferior de los miembros. Para el momento negativo se colocaron tallos de bambú en la parte superior de las vigas donde éstas fueran continuas sobre soportes.

Las vigas y la losa del techo se fundieron monolíticamente.

La losa de concreto fue fundida con placas aislantes hechas de cemento Portland y vermiculita, que recibía el concreto que se colocó entre las vigas de soporte. El dibujo F—2 muestra el método de construcción para estos miembros. La losa prefabricada de vermiculitas tenía el doble propósito de servir como aislante y como soporte de concreto entre las vigas, en el momento en que éste era depositado. Las plaquetas prefabricadas de vermiculitas tenían longitudes de 5' 4" y 3" de espesor por 2 pies de ancho. Estaban reforzadas con bambú no sazonado en diámetros de media pulgada espaciados 6" entre centros en la dirección de su longitud y 12" entre centros en la dirección de su ancho. La composición de las tabletas aislantes de vermiculitas consistía en una parte de cemento por cuatro partes de vermiculitas por volumen. El concreto de la cubierta del techo que descansaba sobre las tabletas de vermiculita, tenían 4" de espesor y estaba reforzado con el mismo refuerzo, tipo y disposición de los tallos de bambú usados en la losa del piso.

Las vigas exteriores tenían una muesca o caja en la parte inferior para recibir las placas prefabricadas de concreto de las paredes. En donde era necesario construir una pared divisoria las vigas interiores y exteriores, tenían una muesca para anclar la parte superior de la pared.

2) RESUMEN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LAS OBSERVACIONES DEL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA No. 3.

Esta estructura se estaba construyendo el día de la terminación del contrato No. 78 de la WPB (War Production Board). Para entonces la losa del piso, la losa del techo y la estructura estaban terminadas. La pared sur era la única pared exterior construida. No se había colocado ninguna pared divisoria.

Los muros de concreto del sótano se habían fundido el 21 de abril de 1944 y la placa del piso se había completado en mayo del mismo año. Ninguna construcción adicional se hizo en el edificio después de terminado el contrato.

La parte de la estructura que había sido terminada, estuvo bajo observación por un período de cuatro años y medio. Los pisos y miembros portantes no muestran signos de fallas. Una o dos de las vigas portantes del piso de concreto, sobre el sótano, presentaban pequeñas fisuras en el concreto pero su capacidad de carga no ha disminuído. No se han presentado fisuras en la losa de la cubierta a pesar de que ésta tiene una longitud superior a los 100 pies sin juntas de contracción. La mayor parte de las vigas que soportan la cubierta del techo presentaron fisuras desde los 4 meses siguientes a la construcción, que afectaron seriamente su capacidad de carga por lo que fue necesario apuntalar para prevenir la falla final. Los miembros que fallaron primero fueron aquellos que tenían una acanaladura en su parte inferior.

Se observó que el primer tendido de refuerzo de bambú estaba expuesto en muchos de los miembros cuando se quitaron las formaletas.

Si las paredes exteriores e interiores se hubieran levantado antes de que las fisuras aparecieran en las vigas portantes, parece razonable concluir que estas paredes habrían dado soporte a los miembros en una cantidad suficiente para prevenir su falla.

El refuerzo de bambú utilizado en las losas de piso y de cubierta para prevenir las fisuras de contracción, parecen haber sido suficientes para este propósito.

2.6.4 ESTUDIOS SOBRE CONCRETO REFORZADO CON BAMBU REALIZADOS POR H. G. GEYMAYER Y F. B. COX

Los estudios experimentales realizados por Geymayer y Cox en la United States Engineer Waterways Experiment Station, se refieren a los problemas que se presentan en el empleo del bambú como refuerzo en el concreto y a la forma como pueden ser solucionados en su mayor parte. Además establecen procedimientos tentativos para el diseño de miembros estructurales y placas de concreto. A continuación se describen los resultados y conclusiones más importantes.

2.6.4.1 Propiedades Físicas del Bambú.

Para estos estudios se utilizaron las especies *Arundinaria tecta* (caña pequeña) y la *A. gigantea* (caña del sur) que son las más comunes en los Estados Unidos. Los resultados de las propiedades físicas de estos bambúes se resumen en la tabla A, conjuntamente con los datos correspondientes que se han obtenido en otras especies. Como puede verse, los valores obtenidos en los experimentos están por debajo de los indicados para otras especies, por lo cual las conclusiones y métodos que se describen a continuación se consideran bastante conservadores.

El bambú tiene una resistencia a la tensión bastante alta. Se ha obtenido hasta ahora valores tan altos como 3.726 kg/cm² (53.000 lbs/pulg²). Un promedio de resistencia a la tensión de 1.055 kg/cm² (15.000 lbs/pulg²) se obtuvo para la *Arundinaria tecta*.

El módulo de elasticidad del bambú es relativamente bajo, usualmente es menos de 1/10 de la del acero; lo que produce grandes deflexiones y fisuras cuando miembros de concreto reforzado con bambú son cargados hasta el límite de su capacidad. Tanto la resistencia a la tensión como el módulo de elasticidad varian muchísimo con la especie de bambú utilizada y las condiciones ambientales en que se encuentre.

La resistencia a la tensión del bambú sometido a cargas prolongadas parece ser considerablemente menor que su resistencia comprobada en el laboratorio. En la *Arundinaria tecta* se encontró una reducción hasta de un 50%. Especímenes sazonados de las mismas especies después de un año de estar sometidos a esfuerzos de tensión de 201.2 y 580 kg/cm² (4.000 y 8.250 lbs/pulg²), alcanzaron hasta un 40% de la elongación elástica bajo la carga respectiva.

2.6.4.2 Problemas del Hinchamiento, Contracción y Adherencia del Bambú.

Los problemas principales asociados con el refuerzo de bambú, no están en su resistencia y deformación bajo cargas de tensión sino en los cambios de volumen y en la adherencia. Se ha observado que los tallos de bambú están sometidos a cambios en su diámetro del orden del 5% y cambios en su longitud hasta de 0.05% con las variaciones en el contenido de humedad. Cambios de diámetro de tal magnitud obviamente pueden causar serias fisuras en el recubrimiento de concreto debido a la expansión y/o a la casi completa pérdida de la adherencia debido a la contracción de los tallos. Por otra parte, el coeficiente de la expansión térmica del bambú puede ser tan bajo como un tercio de la del concreto longitudinalmente y tan alta como 10 veces la del concreto diametralmente. Estas diferencias contribuyen a la fisuración del recubrimiento de concreto y a la pérdida de la adherencia, particularmente si el miembro está expuesto a grandes variaciones de temperatura. Los resultados de estos ensayos con la *Arundinaria tecta* se dan en la tabla A.

Investigadores anteriores han advertido que debido a la contracción, los tallos no tratados, y tallos verdes o remojados previamente, experimentan una drástica pérdida de adherencia durante su secado. Una de las evidencias de este efecto se encontró en los ensayos de adherencia de especímenes en los cuales los extremos salientes de los tallos no fueron sellados y podían por consiguiente estar sometidos a cambios de humedad. Sin embargo, en vigas en las cuales el recubrimiento de concreto evitó que los tallos perdiesen fácilmente la humedad, no se observaron ni las más insignificantes pérdidas de adherencias. El grado hasta el cual dicha pérdida pueda ocurrir depende principalmente del grado de saturación del tallo después de endurecido el concreto, de la extensión y la proporción a la cual el tallo embebido puede secarse y contraerse; de las asperezas o salientes del tallo, de la proporción del diámetro y de la variación en la fluctuación de temperatura en el miembro. Existen 6 formas de superar el problema de la contracción y la adherencia:

TABLA: 6.4.1.—A Resumen de los resultados.

Propiedades	Según datos obtenidos de otras especies	Según datos obtenidos en esta investigación para la A. tecta	
	Variación	Promedio	Variación
Cambios dimensionales debido a variaciones de humedad (hinchamiento y contracción).			
Cambio de diámetro, por ciento	No indicada		Aprox. 5%
Cambio de longitud, por ciento	No indicada		Aprox. 0.05%
Coeficiente aproximado de expansión térmica			
Diagonalmente 10^{-6}/F	$32.00 \times 10^{-6} - 61.00 \times 10^{-6}$	26.0×10^{-6}	20.74×10^{-6} 31.90×10^{-6}
10^{-6}/C	$57.60 \times 10^{-6} - 109.8 \times 10^{-6}$	46.8×10^{-6}	37.33×10^{-6} 57.42×10^{-6}
Longitudinalmente 10^{-6}/F	$3.00 \times 10^{-6} - 9.00 \times 10^{-6}$	2.00×10^{-6}	0.80×10^{-6} 2.87×10^{-6}
10^{-6}/C	$5.40 \times 10^{-6} - 16.2 \times 10^{-6}$	3.60×10^{-6}	1.44×10^{-6} 5.17×10^{-6}

1. Usar tallos sazonados (secos) que continuarán hinchándose después de que el concreto ha fraguado con la posibilidad de que éste hinchamiento se compensará con la subsecuente contracción. Este método no se recomienda porque frecuentemente resultan fisuras intolerables en el recubrimiento de concreto.
2. Recubrir los tallos sazonados con algún tipo de impermeabilizante, por ejemplo, barniz, emulsión asfáltica, pintura, etc., para disminuir los cambios que produce la humedad en los tallos. Este método parece ser prometedor, siempre y cuando el recubrimiento con el impermeabilizante no tenga efectos lubricantes. Algunos investigadores han advertido que el recubrimiento con impermeabilizantes puede agravar el problema del deterioramiento.
3. Recubrir los tallos sazonados con un material como epoxy o resinas de poliester que se adhieren firmemente a la superficie del bambú. Para obtener una adherencia positiva debe esparcirse arena sobre la capa de resina antes de que se seque para lograr una superficie rugosa.
4. Saturar los tallos sazonados con un líquido que no se evapore y que no afecte adversamente la adherencia o tratarlos con una sustancia hidrofóbica.
5. Confiar en la trabazón mecánica entre el bambú y el concreto debido a las salientes del bambú que son lo suficientemente grandes para ser afectadas por la contracción. Se recomienda el uso de latas o tablillas de bambú en lugar de los tallos completos (en adición de cualquier otro método de adherencia que se emplea), ya que las latas tienen una mayor área de contacto con el concreto y pueden proporcionar una mejor protección contra la descomposición.
6. No existe problema de contracción - adherencia, cuando los tallos no pierden cantidades significantes de humedad porque la humedad relativa permanece por encima del porcentaje normal.

La fuerza total del anclaje de un tallo, no aumenta linealmente como aumenta la longitud del empotramiento. Parece más realista asumir que más allá de cierta longitud de empotramiento la fuerza de adherencia será

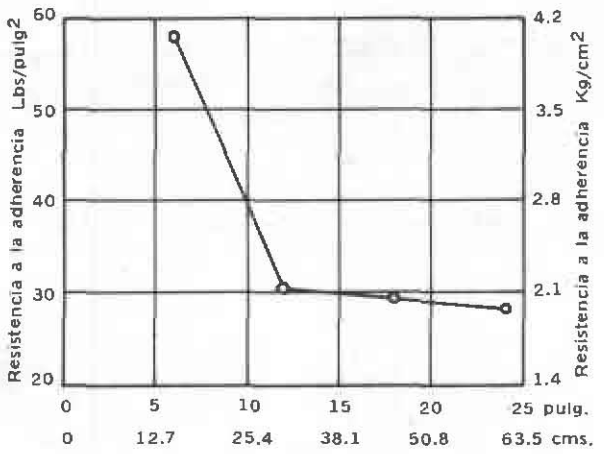


Fig. B Resistencia a la adherencia versus longitud de la parte embebida en el concreto.

bastante constante. En la figura B, se muestra que la resistencia a la adherencia obtenida en los ensayos de adherencia de especímenes con una longitud de empotramiento de 6 pulgadas, fué casi dos veces tan alta como la resistencia a la adherencia lograda con los especímenes de 12, 18 y 24 pulgadas de longitud de empotramiento. Resultados similares se encontraron en los ensayos de las vigas. Por lo tanto, el concepto de un promedio permisible de esfuerzo de adherencia, quizás pueda ser abandonado completamente o al menos modificarse considerablemente, pudiendo reemplazarse por el concepto de un esfuerzo de adherencia permisible gradual, partiendo de un esfuerzo de adherencia permisible relativamente alto con un valor U_1 para las primeras 6 pulgadas (15.24 cms.), de longitud de empotramiento; un esfuerzo de adherencia U_2 más bajo para las siguientes 6 pulgadas (15.24 cms) y un valor muy bajo U_3 para la porción restante (si la hay) de la longitud de empotramiento hasta 0.91 metros (3 pies).

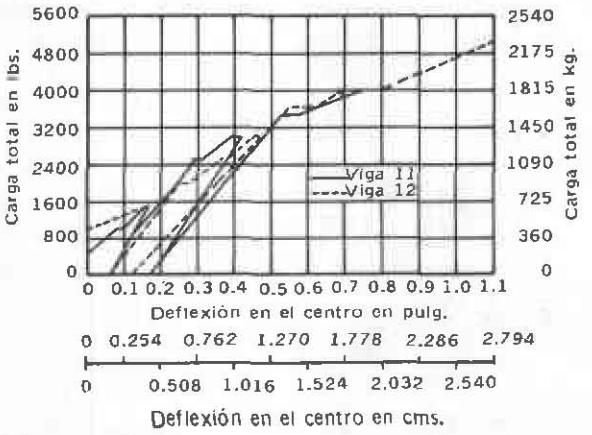


Fig. C Carga típica versus deflexión en el centro.

2.6.4.3 Conclusiones de los Ensayos de Miembros Estructurales.

Se ensayaron alrededor de 30 vigas simplemente apoyadas, con diferente sección transversal, proporción de refuerzo y tratamiento de los tallos y además 6 placas armadas en dos sentidos. Los resultados de estos ensayos dieron las siguientes conclusiones.

a. Estabilidad del Volumen, Adherencia y Descomposición.

Para aumentar la adherencia del refuerzo de bambú es más ventajoso utilizar latas o tablillas que emplear tallos completos. Cuando se empleen latas de bambú cómo miembros de refuerzo, el lado cóncavo de los tallos debe orientarse en tal forma de que no se entrape de aire. Los tallos tienen la tendencia a flotar hacia la parte superior de la viga especialmente durante la vibración del concreto, por consiguiente es necesario tomar precauciones especiales para asegurar una posición apropiada del refuerzo. Para asegurar una uniformidad total en el área de la sección transversal del refuerzo, debe tenerse el cuidado de alternar el extremo basal y distal de los tallos de bambú.

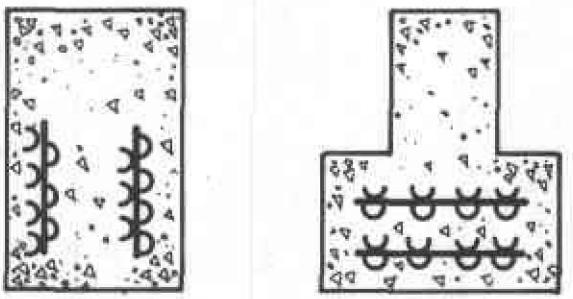


Fig. D Sección transversal de las vigas reforzadas con bambú.

El tamaño máximo del agregado que se use en el concreto debe ser limitado a 9.53 mm (3/8"), para evitar las dificultades de colocación y consolidación del concreto en miembros que tengan una alta proporción de refuerzo.

Medidas especiales deben tomarse para prevenir o reducir la absorción de agua del concreto fresco por parte del bambú. Si se disponen de materiales apropiados deben usarse impermeabilizantes teniendo el cuidado de no aplicarlos en exceso para que no tengan un efecto lubricante.

Una forma fácil de eliminar el problema de hinchamiento, pero no la contracción, es sumergir los tallos de bambú, recubiertos o sin recubrir, en agua por 2 ó 3 días antes de embeberlos en el concreto. Desde el punto de vista de la pudrición el

empleo de un preservativo de maderas es muy conveniente y es más deseable que los tallos se sumerjan en el preservativo en lugar de agua, antes de embeberlos en el concreto, teniendo el cuidado de emplear preservativos que no tengan un efecto lubricante en el bambú, que pueda destruir la adherencia.

Los resultados de los ensayos preliminares y las consideraciones teóricas indican que la contracción de las latas de tallos de bambú embebidos se efectúa mediante un proceso muy lento siempre y cuando éstas sean lo suficientemente gruesas, que el recubrimiento de concreto proteja los tallos del ambiente o que la humedad del medio ambiente esté por encima del 80%. Sin embargo, si se desarrollan fisuras muy grandes en el concreto, como sucederá si el miembro es sometido a cargas muy pesadas o si el ambiente permanentemente está a una humedad baja, la contracción del bambú puede convertirse en un problema muy serio.

De todos los métodos que fueron ensayados solamente dos fueron efectivos en el aumento de la adherencia entre el bambú y el concreto. Desafortunadamente ambos tienen un limitado valor en su aplicación en el campo. Estos métodos fueron:

1. El empleo de tallos previamente sumergidos y rajados, dejando 20 cms. (8") en sus extremos sin rajar para lograr un mayor anclaje.

2. El empleo de tablillas de tallos sazonados con una capa de epoxy o resinas de poliester que se adhieren firmemente al bambú, esparciéndole arena sobre la capa de resina fresca, para aumentar la adherencia.

b. Resistencia a la flexión, fisuración y deflexión.

Para vigas de sección rectangular, la relación óptima de refuerzo, o sea el área de la sección transversal de bambú con relación al área total de la sección transversal de la viga, parece estar entre el 3 y 4%. Un mayor porcentaje produce apiñamiento en la sección transversal y un menor porcentaje produce una resistencia no satisfactoria y grandes formaciones.

El empleo de secciones invertidas en "T", en lugar de secciones rectangulares (ver figura D), da como resultado un incremento en la capacidad de carga final para la misma área total de la sección transversal.

Vigas rectangulares reforzadas con latas de bambú, previamente remojadas (alrededor del 3.5%), son capaces de desarrollar alrededor de 3 veces la resistencia a la flexión que vigas no reforzadas con igual sección transversal,(asumiendo que la resistencia a la tensión del concreto sea 1/10 de su resistencia a la compresión). Si se emplea alguno de los métodos anteriormente anotados para aumentar la adherencia, la resistencia a la flexión puede ser más de 4 veces superior que la de las vigas no reforzadas.

El refuerzo de bambú no interviene sustancialmente en la carga de fisuramiento de miembros a flexión con relación a las de miembros no reforzados. Después del fisuramiento los miembros sometidos a flexión desarrollan grandes fisuras y deflexiones. Debido a una adherencia muy pobre, las fisuras no son numerosas pero si anchas, extendiéndose hasta muy cerca de la cara de compresión del miembro. Esto es indicativo de que el eje neutro está colocado en posición muy alta.

2.6.4.4. Procedimientos Tentativos de Diseño.

En base a los datos obtenidos de los resultados de la investigación, se dan las siguientes recomendaciones para el diseño de miembros de concreto reforzados con bambú.

a. Diseño de Vigas

El procedimiento más simple para el diseño de vigas de sección rectangular y más apropiado para ser utilizado en el campo es el siguiente:

1. No se tenga en cuenta el bambú y diséñese la viga de concreto como si no estuviera reforzada calculando para el concreto un esfuerzo permisible de tensión igual a:

   $2.12\sqrt{f'c}$ kg/cm² o sea ($8\sqrt{f'c}$ lbs/pulg²).

2. Utilice de 3 a 4% de tablillas o latas de tallos de bambú previamente remojadas, preferiblemente tratadas, como refuerzo a la tensión para asegurar un factor de seguridad total de 2 a 2.5.

b. Procedimiento Refinado de Diseño.

Para un diseño más refinado en flexión, de vigas reforzadas con un 3% a 4% de tablillas o latas de bambú se sugieren las siguientes modificaciones para el diseño de cargas de trabajo y cargas de rotura como se indica en las normas establecidas por el ACI 318–63.

c. Diseño Elástico.

Un corriente diseño elástico, de acuerdo a los procedimientos de las cargas de trabajo del ACI 318–63, pero tentativamente usando los siguientes esfuerzos de trabajo sería:

1. Módulo de elasticidad del bambú en tensión:

   $E_b = 140.614$ Kgr/cm² ó $(2 \times 10^6$ lbs/pulg²)
   o también:
   $E_b = 87.884$ Kg/cm² ó $(1.25 \times 10^6$ lbs/pulg²)
   para un análisis de deflexión.

2. Módulo elástico del concreto: (peso normal del concreto)

   $E_c = 15.246 \sqrt{f'c}$ Kg/cm² ó $(57.500 \sqrt{f'c}$ lbs/pulg²).

3. Esfuerzo en la fibra extrema del concreto: (en compresión).

   $f_c = 0.8\, f'c$.

4. Esfuerzo de tensión en los tallos de bambú inferiores:

   f_b max.=351,54 Kg/cm² (500 lbs/pulg²).

5. Esfuerzo cortante en el concreto (usar V/bh en lugar de V/bd).

   $V_c = 0.292\sqrt{f'c}$ Kg/cm² ó $1.1\sqrt{f'c}$ lbs/pulg²

6. Fuerza de anclaje por tallo (para un mínimo de longitud de empotramiento de 30.48 cm. (12"). lb (N)

   $F = 437.8N \times P$
   donde P= perímetro del tallo, en cms.

   ó $F = 250 \times P$
   donde P = perímetro del tallo, en pulg.

d. Diseño de la Resistencia Final.

Los procedimientos para el diseño de la resistencia final especificados por el ACI 318—63, deben modificarse teniendo en cuenta la falla por pérdida de adherencia en lugar de considerarse por deformación del refuerzo.

e. Diseño de Losas.

En losas generalmente no es práctico colocar 3 ó 4% de refuerzo de bambú. El siguiente diseño de campo se sugiere para placas que contengan menos del 3% de refuerzo:

1. Usese en las losas un espesor mínimo de 7.62 cms. (3") aún para pequeños paneles, con el fin de asegurar un recubrimiento suficiente y la eficiencia del refuerzo de bambú.

2. No se tenga en cuenta que el refuerzo del bambú contribuye a la resistencia y diséñese la losa sin considerar el refuerzo, empleando $1.59 \sqrt{f'c}$ Kg/cm² $(6 \sqrt{f'c}$ lbs/pulg²) como esfuerzo permisible del concreto. (para un esfuerzo cortante permisible véase el código ACI).

3. Manténgase una mínima proporción de refuerzo, relativa al área total de la sección transversal, de 1.5% a 2.5% para asegurar un factor de seguridad de aproximadamente 2. Los tallos deben rajarse en latas, sumergiéndolas previamente y preferiblemente tratándolas.

4. Para losas armadas en dos sentidos o continuas, debe colocarse un refuerzo adicional en las esquinas y/o un refuerzo negativo donde sea necesario. El diseño más refinado indicado para las vigas es también apropiado para losas reforzadas con bambú en ambos sentidos.

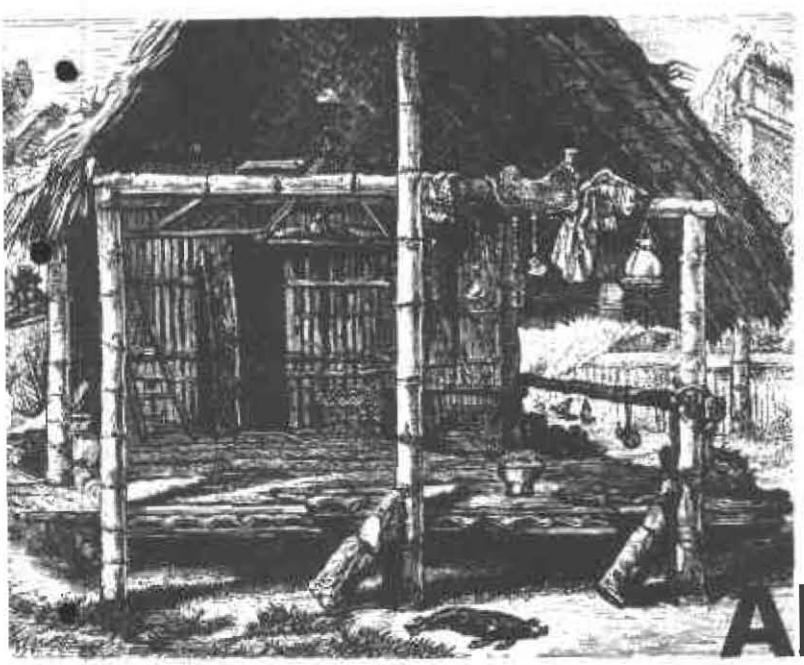
2.6.4.5 Conclusiones.

1. Los procedimientos recomendados, están basados en los resultados obtenidos de ensayos con cañas pequeñas que crecen en el Mississippi, de *Arundinaria tecta* y se cree que son conservadores cuando se empleen con otras especies de bambú, porque en la mayor parte de las propiedades de este bambú son generalmente inferiores a los datos que se han obtenido de otras especies.

2. A pesar de que el bambú tiene una resistencia a la tensión alta, (valores tan altos como 3.789 Kg/cm² (53.894 lbs/pulg²), su módulo de elasticidad a la tensión es relativamente bajo, usualmente menor de 1/10 de la del acero de refuerzo convencional.
   Este bajo módulo de elasticidad produce grandes deflexiones y anchas fisuras cuando las estructuras de bambú se cargan hasta su capacidad.

3. El problema principal asociado con el refuerzo de bambú son los cambios de volumen, hinchamiento y contracción, debido a las variaciones de humedad, baja resistencia a la adherencia y posible descomposición. Sin embargo, si se toman precauciones especiales en la preparación y colocación de los tallos, tales como rajado, inmersión por 72 horas, recubrimiento, etc., estos problemas pueden reducirse al mínimo.

4. Los miembros reforzados con bambú que están diseñados y construídos de acuerdo a las recomendaciones tentativas indicadas, pueden desarrollar de 2 a 4 veces la máxima capacidad de carga a la flexión de miembros de igual dimensión no reforzados.



3
ARQUITECTURA

INTRODUCCION

Sin lugar a dudas, el bambú fué el primer elemento utilizado por el hombre asiático en la construcción de sus primeros refugios, ya que la madera de esta planta, en comparación con la de los árboles, era la que más se facilitaba para ser trabajada con sus primitivas herramientas. Posteriormente, con el empleo progresivo de herramientas cada vez más fuertes, pudo en igual forma utilizar materiales más duros o difíciles de elaborar, siendo así, como después del bambú pudo trabajar la madera y luego la piedra.

Estos tres elementos tienen una gran importancia en la historia del hombre, porque ellos marcaron en el transcurso de los siglos, no sólo las diversas etapas de su evolución, sino los diferentes períodos de la arquitectura de los pueblos orientales; sirviendo a la vez para determinar en algunos de ellos, como en la India, el tipo de material empleado en la construcción de la vivienda de cada uno de los tres estratos sociales más sobresalientes, así: la clase baja, formada en su mayor parte por labradores, utilizó el bambú en la construcción de sus viviendas; la clase media, la madera; y la clase alta, la piedra, que también se empleó en la construcción de palacios, templos y fortalezas.

En la actualidad, el bambú continua siendo el material más empleado por las gentes de pocos recursos económicos de los países asiáticos y latinoamericanos, que disponen de esta planta; siendo la India el que mayor y mejor aprovechamiento ha hecho del bambú, particularmente como elemento estructural; hasta el punto de que muchas de las formas logradas en las viviendas primitivas con este material, tuvieron luego una gran influencia en la arquitectura de los grandes monumentos que hoy existen en ese país.

En el Japón, y aunque parezca extraño, el bambú solo se utiliza en la vivienda y jardines con propósitos muy definidos y particularmente como un elemento decorativo. Solo en las casas de Té el bambú es empleado tradicionalmente como elemento estructural a la vez que decorativo en la construcción de los techos.

En los países latinoamericanos, los sistemas de construcción en bambú no han evolucionado, y su empleo se hace por lo general en forma empírica, basado en sistemas tradicionales, en los que por lo general no se hace un aprovechamiento apropiado del material.

A pesar de que un gran porcentaje de la población habita casas construidas parcial o totalmente en bambú; hasta el presente no ha existido en ninguno de los países latinoamericanos, un interés por estudiar y mejorar muchos de los sistemas de construcción existentes, que permita a las gentes de pocos recursos económicos obtener viviendas más confortables con un mejor aprovechamiento del bambú, como material de construcción. Esta falta de interés, como se anotó anteriormente, se debe a un rechazo subconciente que existe en el común de las gentes hacia este material, al que se considera en nuestros países como sinónimo de miseria, por el mal uso que de él se hace, particularmente en los tugurios donde se emplean hasta desechos de bambú sin importancia técnica ni estética.

En la presente sección se ilustran y describen resumidamente algunos de los sistemas y formas de construcción más empleados en Colombia, India y Japón. Por otra parte se indican algunas de las nuevas aplicaciones que se le ha dado al bambú, tanto en la fabricación de diversos materiales de construcción, que actualmente se hacen en el Japón; como en la construcción de modernas estructuras geodésicas y laminadas.

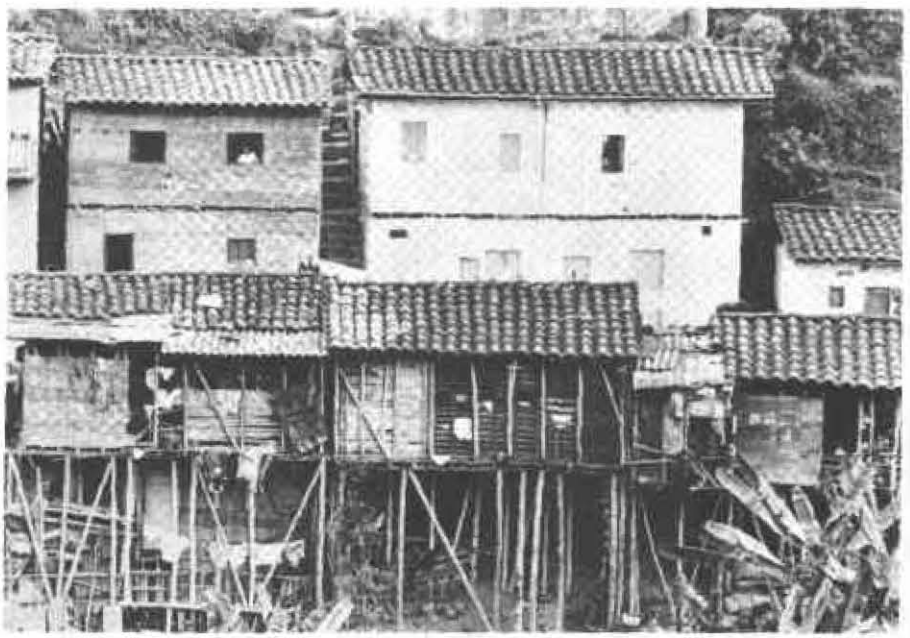
3.1 SISTEMAS DE CONSTRUCCION EN BAMBU EMPLEADOS EN COLOMBIA

De los países latinoamericanos, que disponen de bambú, Colombia es el que mayor y más diverso uso hace de este material; y por ello solo se indicarán los sistemas tradicionales más empleados en este país.

En Colombia el bambú es empleado en igual forma, tanto en la construcción de viviendas rurales como urbanas, particularmente en las áreas o poblaciones que se desarrollan próximas a las zonas donde se da silvestre. Su mejor aplicación y acabado, dependen por lo general del nivel económico y social de sus propietarios; ello puede observarse en los campos, en los grandes poblados y aún en algunas de nuestras grandes ciudades como en Manizales la ciudad más bella de Colombia, muestra magnífica de nuestra arquitectura del bambú; donde aún subsisten en su área central, y en muy buen estado, viviendas de varios pisos, con estructura de bambú, que fueron construidas hace aproximadamente 50 años después de que la ciudad, originalmente construida también con este material, fué arrasada por un pavoroso incendio. En la periferia de esta ciudad pueden verse actualmente viviendas construidas en igual forma, habitadas por gentes de pocos recursos económicos, cuya preocupación mayor es la buena presentación de la fachada principal no importándoles ni la estética ni la forma técnica como se utilice el bambú en el resto de la vivienda, que en muchos casos impresiona tanto por la manera arriesgada en su empleo estructural, como por el extraordinario descuido de la construcción. Es curioso, que a pesar de que muchas de estas viviendas aparentan gran inestabilidad, han soportado, sin sufrir daños, los temblores de tierra que con alguna frecuencia se presentan en esta zona del país.

En una exposición que el autor hizo sobre los sistemas de construcción en bambú empleados en Colombia, ante un grupo de arquitectos japoneses, en Tokio, y posteriormente en Filipinas, muchos de los presentes quedaron sorprendidos de la forma tan arriesgada como algunas veces se emplea estructuralmente el bambú en Colombia y de la ilimitada confianza que se tiene en este material.

Vista panorámica de la ciudad de Manizales, Caldas, Colombia; cuna de nuestra arquitectura del bambú.



Las gentes que construyen sus viviendas en los poblados o en las zonas aisladas de las ciudades se preocupan sólo por dar una buena apariencia a la fachada principal, no interesándoles ni la estética, ni la forma cómo se utilice el material en la fachada posterior, lo que puede verse muy claramente en esta fotografía.

3.1.1 CIMENTACION

Por lo general, la vivienda se construye sobre una plataforma constituída por un piso de esterilla de bambú o de tablas de madera, apoyado sobre entresuelos de bambú, que a su vez descansan sobre vigas, que en la mayoría de los casos son de madera aserrada, ya que permiten asegurar más fácilmente con puntilla los extremos inferiores de los parales de los muros o los extremos superiores de las columnas o puntales de bambú.

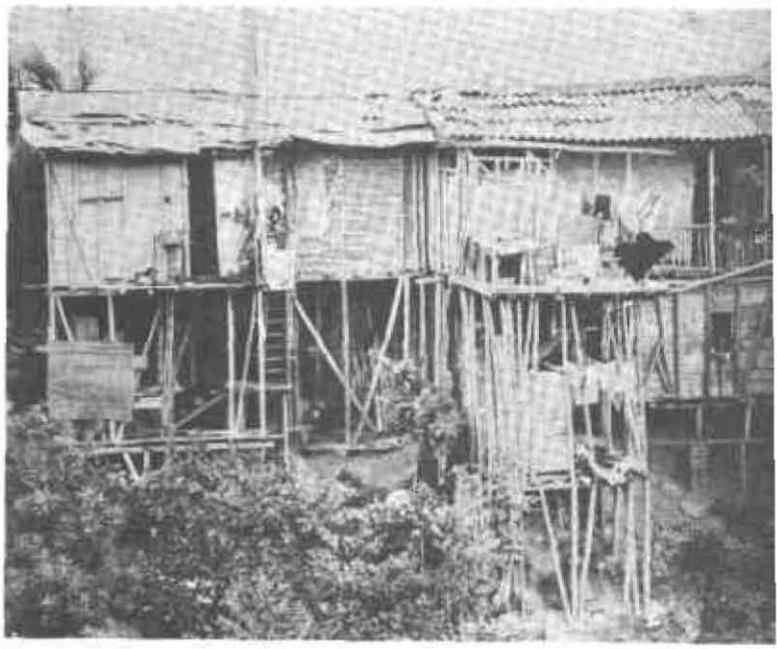
En terrenos planos, la vivienda se construye ya sea directamente sobre el suelo o sobre la plataforma levantada de ésta unos 30 ó 40 cms. En el primer caso se emplea la viga aserrada o un tablón de madera que se coloca sobre un cimiento corrido de ladrillo. En el segundo caso las vigas de madera se colocan ya sea sobre piedras sueltas, sobre pilastras y algunas veces sobre un cimiento corrido periférico y pilastras interiores.

En terrenos inclinados la parte anterior de la plataforma, correspondiente a la fachada principal se apoya sobre uno de los cimientos utilizados para terrenos planos; pero la parte intermedia y posterior, de acuerdo con la inclinación del terreno, se apoyan directamente sobre pilastras de ladrillo o sobre puntales de bambú cada uno de los cuales descansa sobre pilastras de ladrillo o en muchos casos sobre una piedra.

Algunas veces las viviendas se construyen en terrenos tan inclinados, que es necesario construír una subestructura de bambú para sostener la plataforma, que en muchos casos alcanza alturas superiores a los 18 metros o sea el equivalente a 6 pisos. Algunas de estas subestructuras constituyen verdaderas obras de ingeniería y otras por el contrario inexplicablemente se sostienen.

Como cosa curiosa, en muy pocos casos la subestructura se utiliza para construír otras dependencias de la vivienda, particularmente en la zona rural; y se prefiere construír dos o tres pisos por encima de la plataforma.

La fotografía muestra dos de las formas de cimentación más comúnmente empleadas en terreno inclinado: en la casa de la izquierda los puntales se apoyan sobre pilastras; en la casa de la derecha descansan sobre piedras. Obsérvese que la casa del centro tiene 4 pisos, de los cuales el superior, que queda casi a nivel de la calle escalonada, corresponde a la vivienda, los inferiores pertenecen a la subestructura, que como puede verse no presta ninguna función aparte de la estructural.



Las fotografías muestran diversos aspectos de la forma antitécnica, desordenada y rústica, como se colocan y apoyan los puntales de bambú que sostienen la parte posterior de la vivienda, dando un aspecto muy desagradable y deprimente, lo que ha contribuido a crear la "fobia" que existe por las construcciones de bambú.

3.1.2 PISOS

El material más comúnmente ulizado en pisos es la madera; sin embargo, en algunas viviendas rurales se emplean pisos de esterilla ya sea colocada directamente sobre tierra o en pisos elevados, sobre entresuelos. En este último caso también se emplean pisos de latas o de bambúes completos.

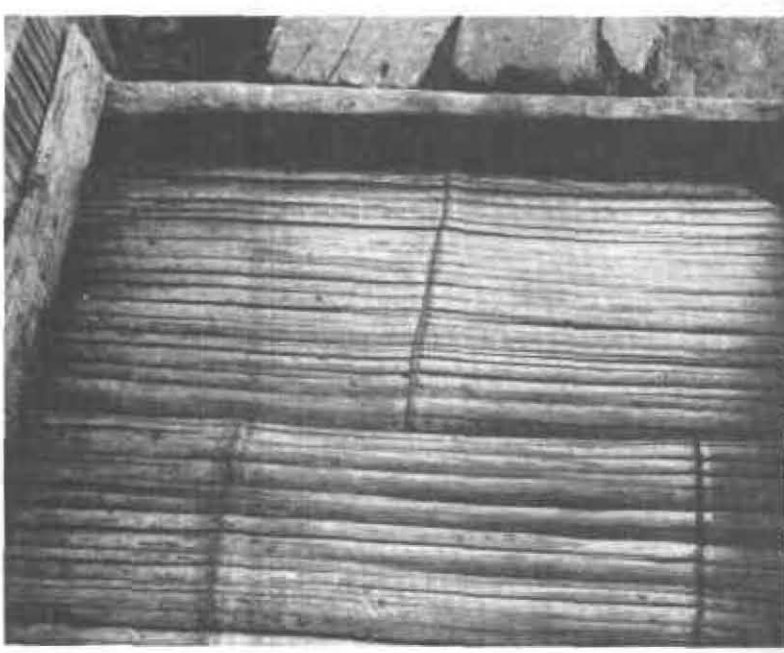
3.1.2.1 Pisos de Esterilla

Los pisos de esterilla se colocan directamente sobre tierra, o sobre entresuelos en pisos elevados. Sobre tierra se emplea en viviendas muy económicas para evitar el polvo. Su colocación se hace en la siguiente forma:

Una vez que se establece el nivel de piso terminado, se hace el relleno de tierra que sea necesario, por capas de 10 cms., cada una de las cuales se apisona. En la última capa se distribuye la arcilla y se nivela. Una vez que esté el piso nivelado y sin compactar, se coloca la esterilla encima, después de lo cual se compacta el conjunto. En esta forma la esterilla queda adherida al suelo.

Cuando la plataforma del piso queda separada del suelo o corresponde a un segundo piso, la

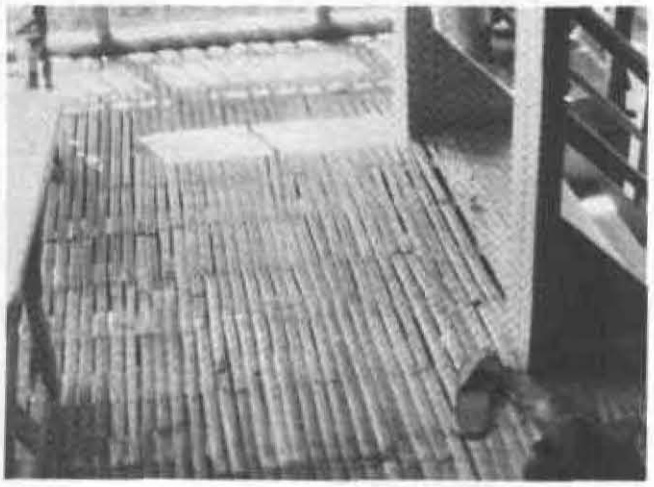
Piso de esterilla comúnmente utilizado sobre tierra o sobre entresuelos de bambú.



esterilla se coloca sobre entresuelos de bambú con una separación máxima entre centros de 30 cms., y se asegura a ellos por medio de puntillas o amarrándola con alambre galvanizado, que debe ser lo suficientemente apretado para que no sirva de tropiezo sobre el piso.

3.1.2.2 Pisos de Latas

Los pisos de latas de bambú se emplean sólo cuando la plataforma del piso queda separada del suelo. Se utilizan por lo general latas de 3 a 6 cms., de ancho que se clavan sobre entresuelos con una separación máxima de 30 cms. entre ejes. Las latas pueden colocarse unidas por sus bordes longitudinales o con una separación de medio centímetro, lo que es muy conveniente en climas muy cálidos para lograr una buena ventilación. Este tipo de piso es también muy empleado en Filipinas no sólo en la vivienda, sino en la construcción de gallineros, ya que permite lavarlos más fácilmente.



Piso formado por latas delgadas de bambú que facilita la ventilación en las viviendas localizadas en climas muy cálidos..

3.1.2.3 Pisos de Bambúes Completos.

Estos pisos consisten en bambúes delgados completos, colocados sobre entresuelos separados 60 cms. o más, según el diámetro, a los cuales se amarra. Son muy apropiados para lugares de la vivienda donde se hacen trabajos muy pesados; sin embargo, tiene el inconveniente de que se acumula mucha tierra entre los bambúes. Este tipo de piso también se emplea en el Japón, en algunas zonas de los corredores externos o barandas de las viviendas. En los detalles constructivos se indica muy claramente el sistema de construcción de pisos y su relación con otros elementos estructurales.

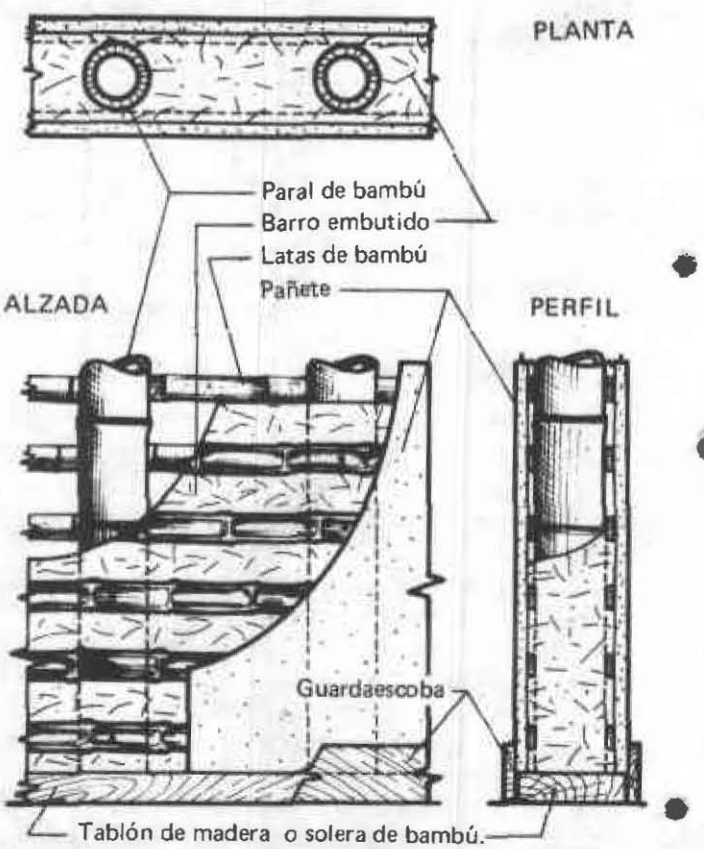
3.1.3 MUROS

En Colombia se emplean dos sistemas para la construcción de muros, utilizando bambú, que se denominan: muros de barro embutido y muros de bahareque.

3.1.3.1 Muros de Barro Embutido

Los muros de barro embutido se construyen en la siguiente forma: sobre el piso de la plataforma o sobre el cimiento, se coloca como solera un tablón o viga de madera, o un bambú; sobre el cual se aseguran los extremos interiores de una serie de parales de bambú de igual diámetro, separados entre sí una distancia no mayor de 30 cms. Estos parales se unen en su extremo superior con una viga de amarre de bambú o de madera. Para reforzar los muros y darle más estabilidad a la construcción, se colocan en los extremos bambúes diagonales, en la forma como se indica en los detalles de construcción.

Una vez lista la armazón o estructura del muro se clavan horizontalmente a lado y lado de los parales, latas de bambú de 4 cms. de ancho, teniéndose el cuidado de colocar la parte externa de la lata contra los parales. La separación entre las latas es de 8 cms., en tal forma que permita meter

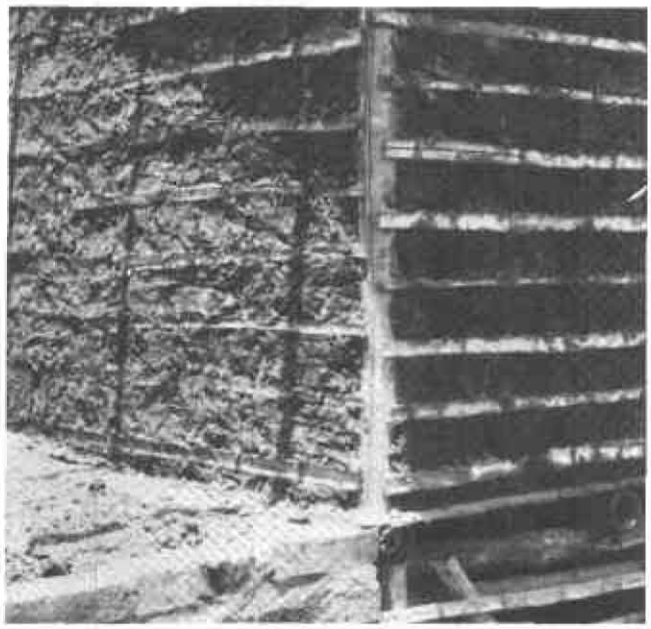


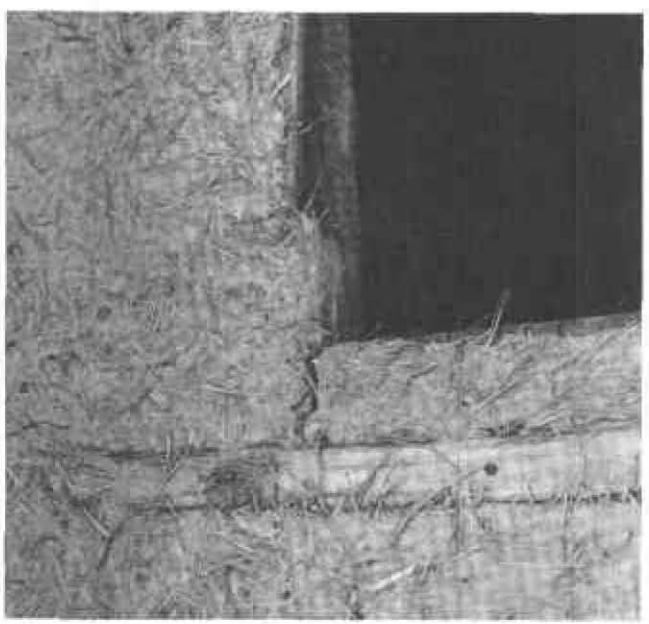
DETALLE 3.1.3.1–A MURO DE BARRO EMBUTIDO

la mano. Terminada la colocación de las latas se procede a embutir el barro con las manos apretándolo al mismo tiempo y dejándolo a ras de la cara externa de las latas. Luego se deja secar durante 4 semanas antes de aplicar la primera capa de pañete.

Por lo general se aplican dos capas de pañete. La primera consiste en un mortero de barro mezclado ya sea con paja, bagazo de caña seco o pasto. La segunda consiste en una mezcla de boñiga y tierra amarilla que se aplica húmeda una vez que se ha dejado curar la mezcla seca.

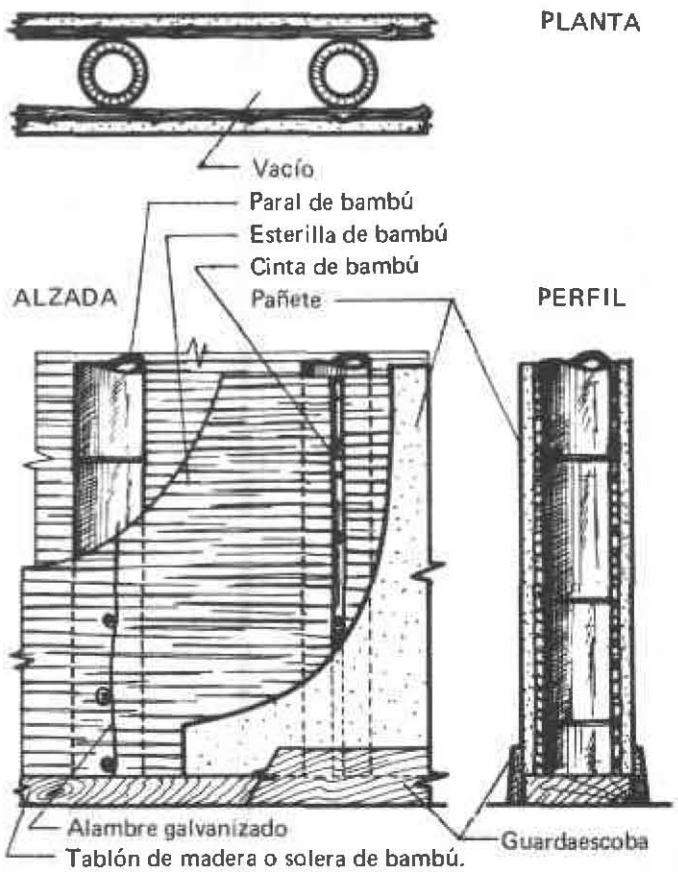
Las fotografías muestran respectivamente un muro de barro embutido en proceso de secamiento, y parte del mismo después de aplicada la primera capa de pañete.



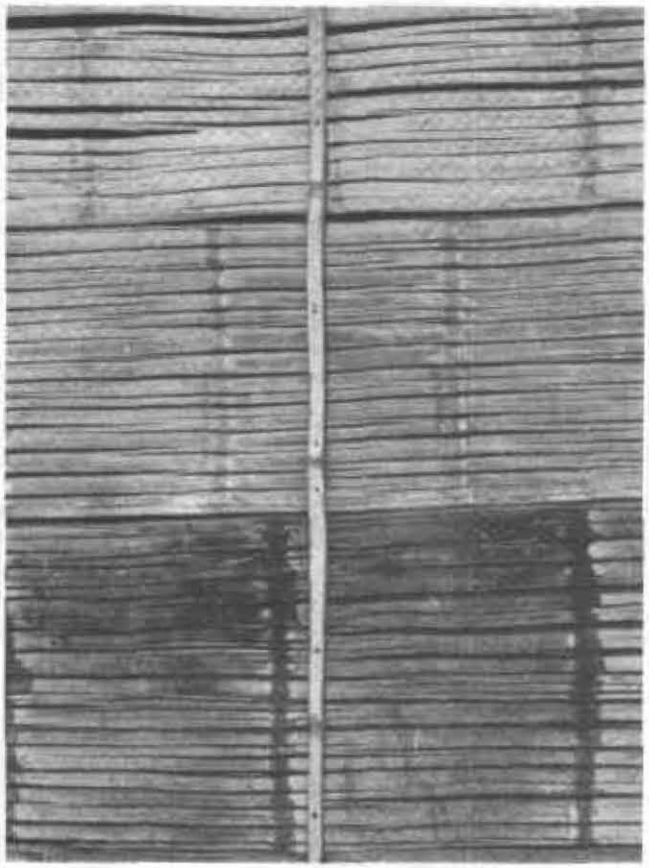


3.1.3.2 Muros de Bahareque.

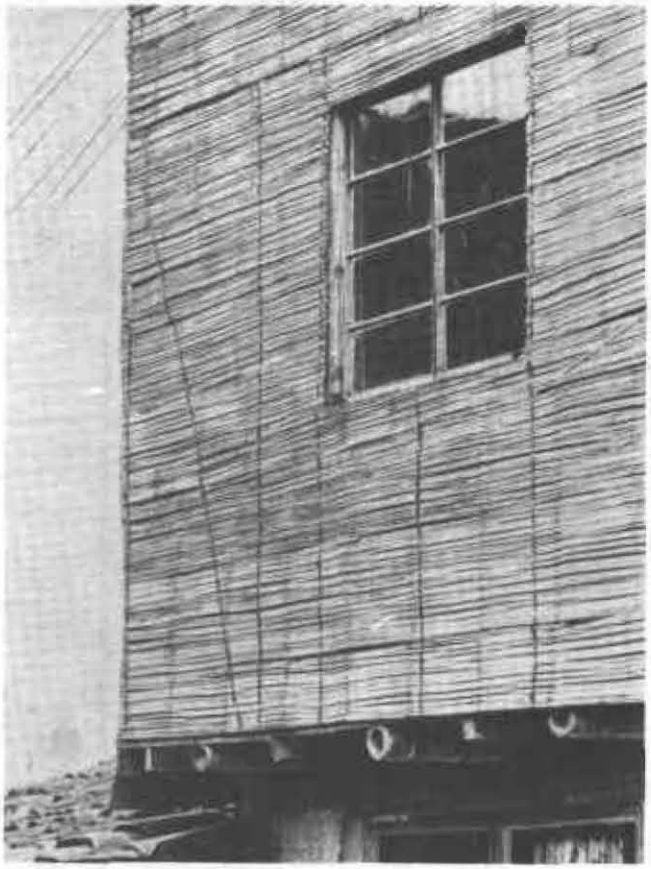
La estructura de los muros de bahareque se construye en la misma forma indicada para los muros de barro embutido, solo que en lugar de las latas se coloca a lado y lado de los parales fajas horizontales de esterilla de guadua, también con la superficie externa hacia adentro, asegurándose de los parales por medio de puntillas colocadas verticalmente a una distancia máxima de 8 cms. y unidas de cabeza a cabeza con un alambre galvanizado. Otro sistema consiste en clavar una lata delgada sobre el centro del paral en reemplazo del alambre galvanizado, en la forma como se indica en el detalle constructivo. Posteriormente el muro se pañeta en la misma forma que los muros de barro embutido, o si se desea un mejor acabado, se emplea un mortero de cemento y arena en proporción 1:5. En la primera capa, el pañete se lanza con fuerza en tal forma que penetre entre las grietas de la esterilla. Una vez seca la primera capa, se aplica la capa final. No es muy recomendable el empleo de los muros de bahareque por ser combustible. Por otra parte en su interior pueden formarse nidos de ratas y otros bichos, cuando no se reparan a tiempo las roturas que se hagan en su parte inferior, causadas por golpes muy fuertes.



DETALLE 3.1.3.2–A MURO DE BAHAREQUE



Por lo general en los muros de bahareque la esterilla se fija a los parales ya sea por medio de cintas delgadas de latas de bambú, como se indica en la fotografía superior, o por medio de alambre galvanizado que se asegura a las cabezas de las puntillas como se observa en la fotografía inferior



Algunas veces también se emplean cintas de acero o zunchos para asegurar la esterilla a los parales, como se muestra en la fotografía superior.

En la fotografía inferior se muestra el muro de bahareque una vez pañetado. Las fisuras que aparecen en el pañete ya sea en los muros de bahareque o en cielorasos, por lo general se deben al empleo de esterilla verde que al secarse se contrae o a la colocación muy espaciada de parales o soportes.

3.1.4 TECHOS DE VARIAS AGUAS

En Colombia se emplean en construcciones de bambú dos tipos de techos. El primero de ellos, y más comúnmente utilizado, es el techo de planos inclinados, que según el caso, puede estar formado por una, dos y cuatro aguas o vertientes.

Los materiales que tradicionalmente se emplean para cubrirlos son: paja, hojas de palma y teja de barro, según la disponibilidad de materiales que exista en el sitio en que se haga la construcción; sin embargo, el de uso más generalizado es la teja de barro, no sólo por ser un material incombustible, sino por considerarse que su peso da mayor estabilidad a la construcción, lo cual es muy razonable dado que los muros de bahareque o de embutido son muy livianos.

En su construcción por lo general se emplean sistemas similares a los empleados en techos de madera, con algunas variaciones, debido a la imposibilidad de hacer en el bambú el tipo de uniones o empalmes que se utilizan en la madera.

En los techos de bambú, las uniones se amarran con alambre galvanizado, y donde es posible se utilizan puntillas y aún grandes clavos lo cual puede ser muy peligroso cuando se emplean bambúes verdes, por las razones que se explican en la sección de construcción. Muy comúnmente se acostumbra reemplazar en los techos, piezas de bambú por iguales piezas de madera, para facilitar la operación del clavado y lograr una mejor unión. Por ejemplo: la viga del caballete se emplea de madera algunas veces para poder asegurar con puntilla el extremo superior de los cabios.

El otro tipo de techo que es menos empleado pero más interesante desde el punto de vista constructivo, es el techo de forma cónica empleado en construcciones de planta circular, en el que sólo se utilizan como cubierta materiales muy livianos como la hoja de palma, por lo cual su pendiente debe ser igual o mayor a 45 grados. Este tipo de construcción se verá detalladamente más adelante.

Los diversos sistemas empleados en la construcción de techos de varias aguas o vertientes se muestran muy claramente en los detalles que se indican a continuación:

La fotografía muestra diversos tipos de techos con cubierta de teja de barro, que comunmente se construyen en bambú.

3.1.5 FORMAS DE CONSTRUCCION – DETALLES

Para dar una idea más clara de las formas de construcción más empleadas en la vivienda, en Colombia; se indican a continuación las perspectivas isométricas 3.1—A; 3.1—B y 3.1—C; en cada una de las cuales se muestra una forma diferente de construcción. Por otra parte se indican algunos detalles complementarios, como son:

a. Detalle de la construcción del faldón o vertiente triangular del tejado: 3.1—C1.

b. Detalles de cerchas más comúnmente utilizadas, además de las indicadas en los detalles de conjunto: 3.1—D, 3.1—D1 y 3.1—D2).

c. Detalles de unión de elementos estructurales a nivel del piso. 3.1—E (3.1—E1; 3.1—E2; 3.1—E3; 3.1—E4).

DETALLE 3.1 – A

En este detalle se muestra el sistema de construcción de una pequeña vivienda, construida en terreno plano con piso de cemento o de tierra, en la cual se emplean paredes de barro embutido, apoyadas sobre un cimiento o base de ladrillo corrido, que tiene como fin aislar la pared de la humedad del suelo.

Los muros como puede observarse, llevan un diagonal en cada una de las esquinas, que impiden su deformación debido a los empujes laterales producidos por fuertes vientos.

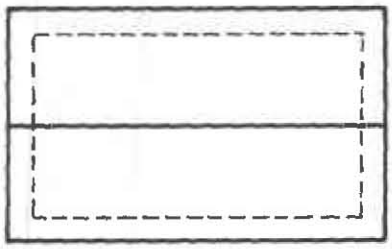
El techo, que se considera en este detalle, es de dos aguas; sin armadura o cercha, con cubierta de teja de barro y cielo raso. A falta de la cercha las correas se apoyan directamente sobre soportes verticales que descansan en su extremo inferior sobre vigas colocadas paralelamente a las correas, que se utilizan a la vez para amarrar o colgar las viguetas que sostienen el cielo raso y evitar que se flecten cuando la luz es grande.

Las tejas de barro se apoyan en sus extremos, en latas de bambú aseguradas con puntillas a cada uno de los cabios, los cuales a su vez están fijos al caballete, a las correas, y en su parte inferior descansan sobre una tabla de madera o de esterilla colocada sobre el extremo de las viguetas, uniéndolas horizontalmente. Esta tabla no sólo facilita la unión de estos dos elementos sino que asegura el remate del cielo raso. Ver detalle 3.1—C1.

La prolongación del alero sobre las culatas se hace proyectando las correas, y colocando sobre su extremo un cabio de borde que en la parte inferior está soportado por un can, colocado en balanza en el extremo de la solera superior del muro que se proyecta; y presionado en su extremo exterior por el cabio y en el interior por la prolongación de una de las vigas que soportan los apoyos de las correas como se indica en el detalle 3.1—A1 (Detalle de conjunto 2.1—A).

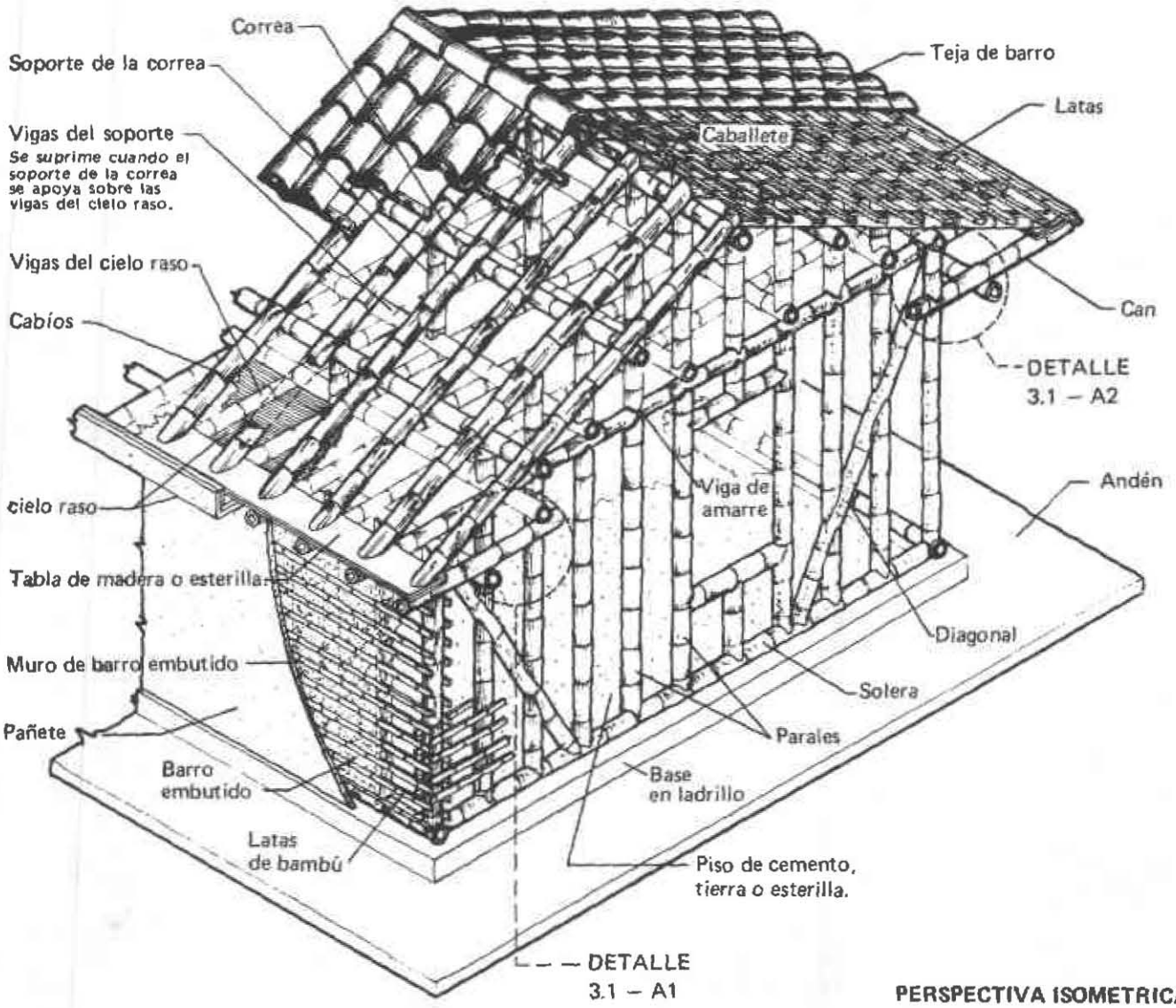
Otro sistema para sostener el can se indica en el detalle 3.1-A2, que se muestra en el mismo dibujo, en el cual el extremo interno del can está soportado por la prolongación de una de las correas a la cual se conecta por medio de un pequeño tarugo de bambú.

DETALLE 3.1 – A VIVIENDA EN TERRENO PLANO – TECHO CON DOS AGUAS Y CIELO RASO.



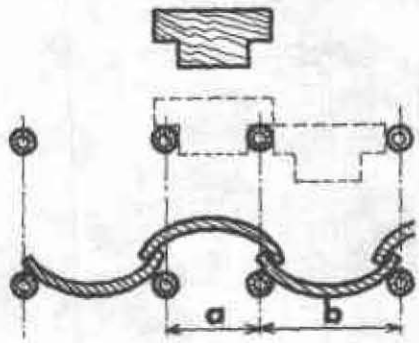
PLANTA DEL TECHO

La fotografía muestra una vivienda en la que se aplican los detalles 3.1 – A1 y 3.1 – A2



PERSPECTIVA ISOMETRICA

DETALLE 3.1 – B



Forma como se utiliza el "cartabón" para espaciar los varillones o soportes de las tejas.

Este detalle corresponde a una vivienda edificada en terreno inclinado, construcción muy típica en los pequeños pueblos localizados en las cordilleras de Colombia. El piso interior es de madera o de esterilla de guadua, paredes de bahareque, techos de dos aguas con cubierta de teja de barro, armado con cerchas cortas, sin cielo raso.

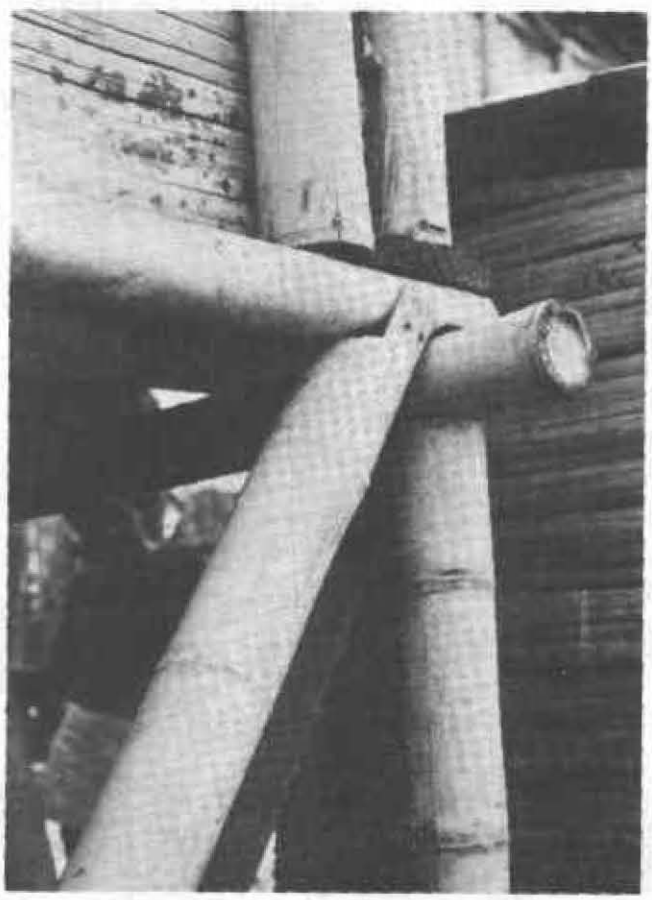
En términos generales, la casa está construida en una plataforma apoyada directamente en su frente principal en un muro de piedra o en pilastras de ladrillo. En su parte posterior e intermedia la plataforma está sostenida por columnas de bambú que descansan sobre pilastras de ladrillo y en muchos casos sobre piedras. (Ver cimentación). Estas columnas en las zonas de las esquinas de la vivienda, como en la parte intermedia, llevan diagonales para evitar el movimiento lateral.

La armadura del techo consiste de cerchas cortas con pendolón. Los extremos del tirante se apoyan sobre las paredes externas. Las tejas de barro se colocan apoyadas longitudinal y lateralmente entre bambúes delgados o tallos de caña brava, que en algunos lugares se denominan cintas o varillones.

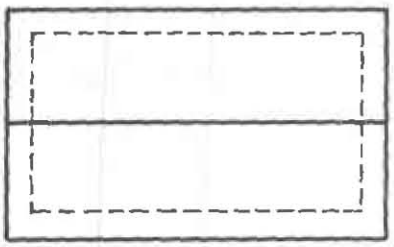
Las 2 separaciones de diferente ancho que se emplean entre las cintas, según la dimensión de la teja, se determinan con una medida hecha de una tabla, que algunos llaman "cartabón".

Las cintas se apoyan y aseguran al caballete y a las correas. Los aleros se hacen proyectando las cintas y por lo general no pueden prolongarse más de 30 centímetros.

Las fotografías inferiores muestran la forma como se soporta y arriostra la esquina de la plataforma en viviendas construidas en terreno inclinado. En ningún caso deben hacerse cajas en las vigas como se muestra en la fotografía de la derecha.

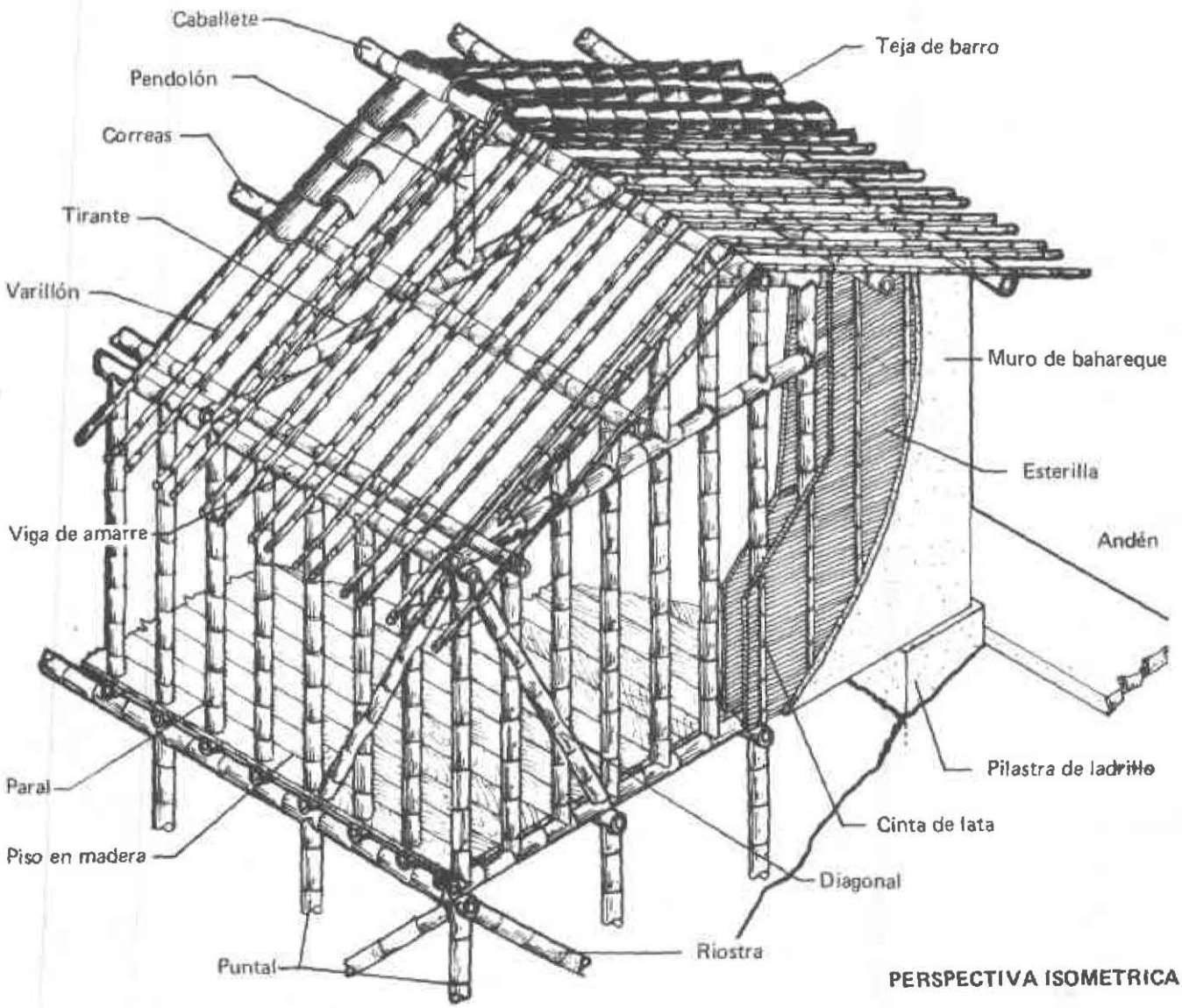


DETALLE 3.1 – B VIVIENDA EN TERRENO INCLINADO



PLANTA DEL TECHO

Aplicación del detalle 3.1 — B



PERSPECTIVA ISOMETRICA

DETALLE 3.1 – C

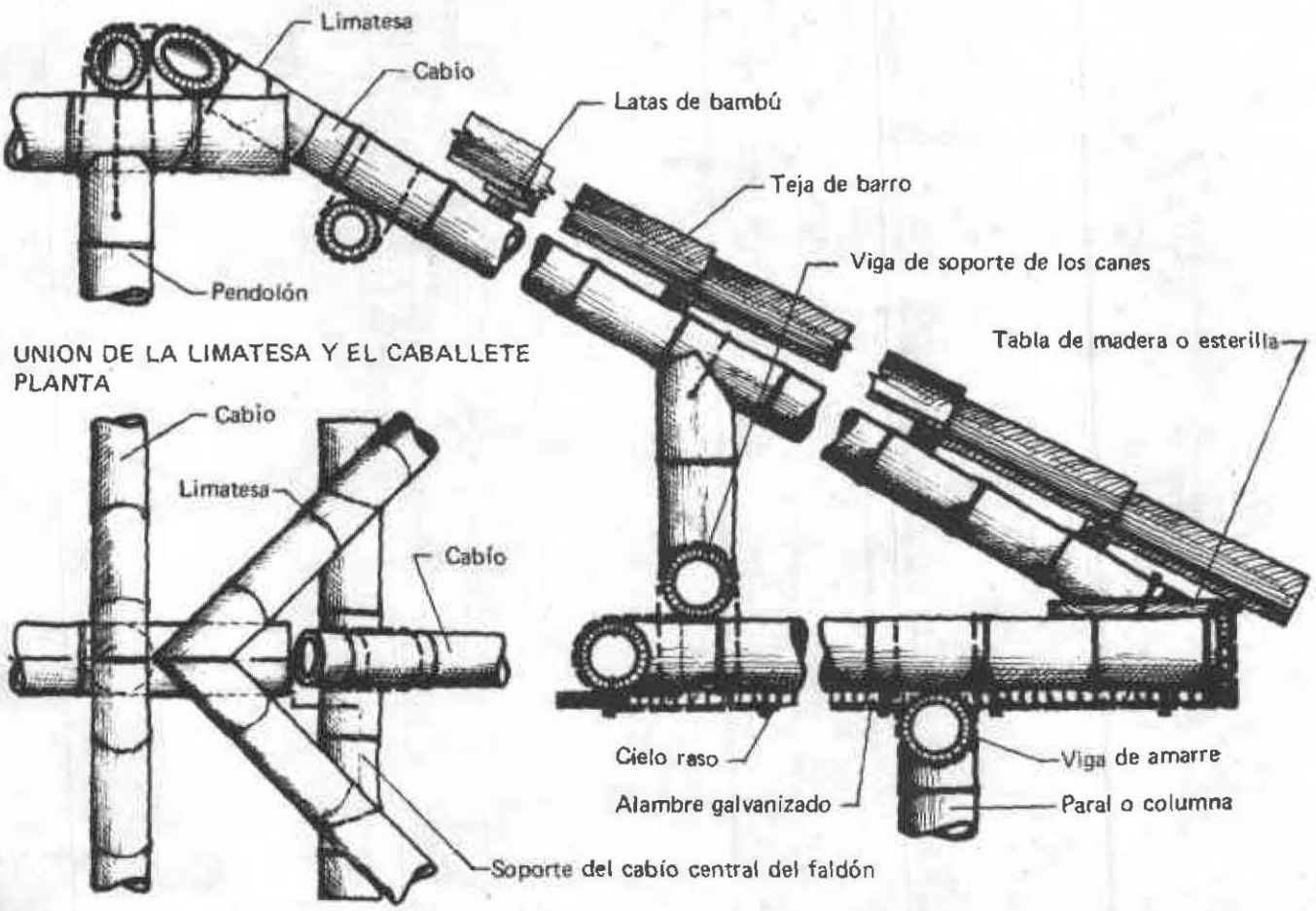
En este detalle se indica el sistema de construcción de una vivienda construida en terreno inclinado con piso de madera, y paredes de bahareque apoyadas sobre vigas de madera que descansan sobre pilastras de concreto ciclópeo o ladrillo.

El techo está formado por 4 aguas con cubierta de teja de barro colocada sobre esterilla de bambú a la cual se fija por medio de una capa de barro.

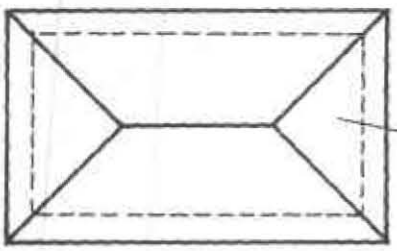
La armadura principal del techo está formado por cerchas con pendolón y tornapuntas. El tirante, como las viguetas, se proyectan hacia afuera para formar el alero cuya construcción es similar a la indicada en el detalle 3.1.–A

La unión, en el vértice formado por el faldón y las vertientes laterales, se hace por medio de una pieza de bambú colocada diagonalmente, que se denomina limatesa, sobre la cual se aseguran lateralmente los extremos superiores de los cabíos cortos, de una vertiente y del faldón. Los extremos inferiores de los cabíos se apoyan y aseguran con puntillas sobre una tabla de madera, que descansa sobre los extremos salientes de los canes, la que además de unir éstos horizontalmente facilita el clavado y el soporte de los cabíos. En el detalle que se indica en la parte inferior se muestra la forma más comunmente empleada en la construcción del faldón y la manera como se colocan y aseguran los canes.

DETALLE 3.1 – C1 CONSTRUCCION DEL FALDON



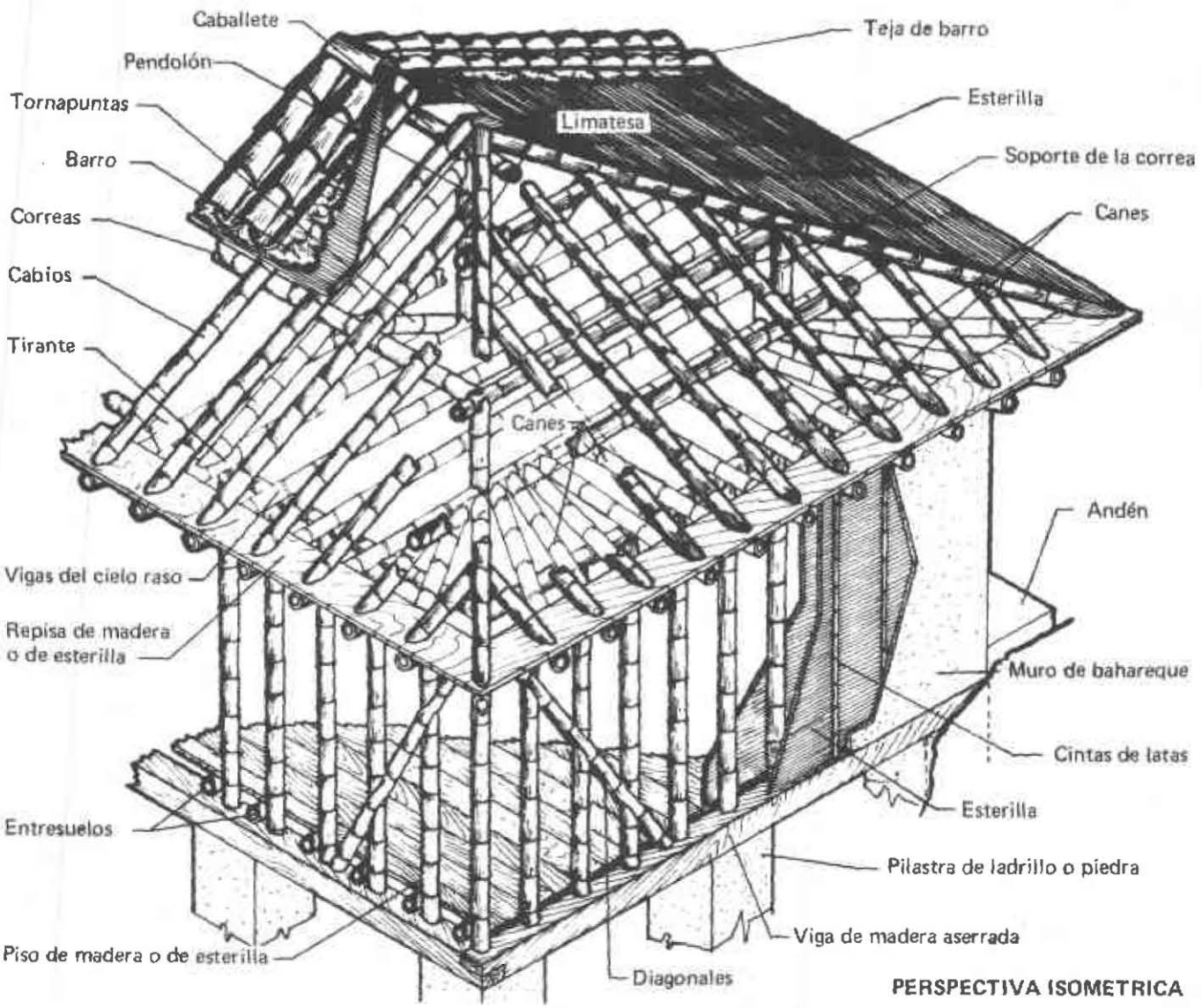
DETALLE 3.1.–C VIVIENDA CON TECHO DE 4 AGUAS



PLANTA DEL TECHO

Nota; Para la construcción del Faldón véase detalle 3.1–C1.

Vivienda con techo de cuatro aguas



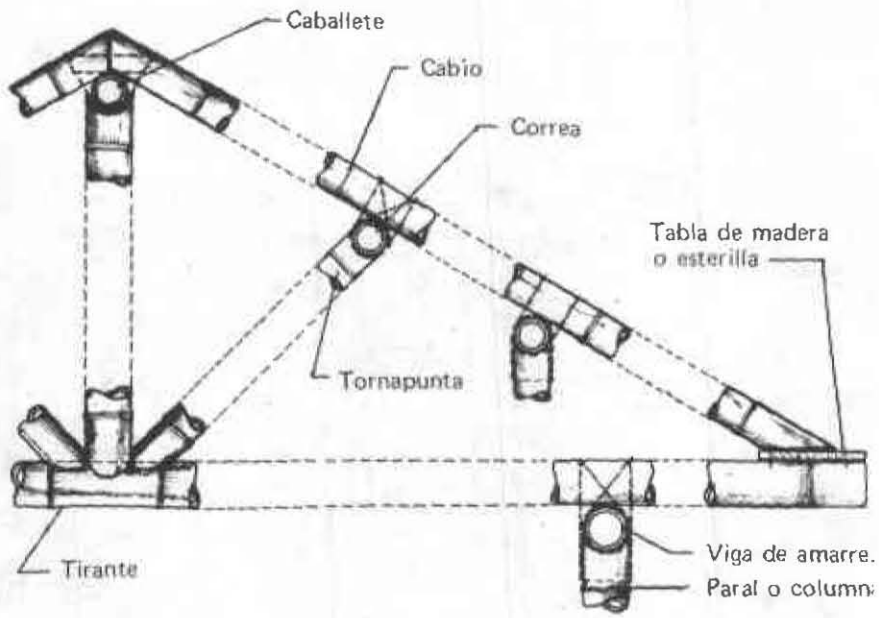
PERSPECTIVA ISOMETRICA

DETALLE DE CERCHAS 3.1–D.

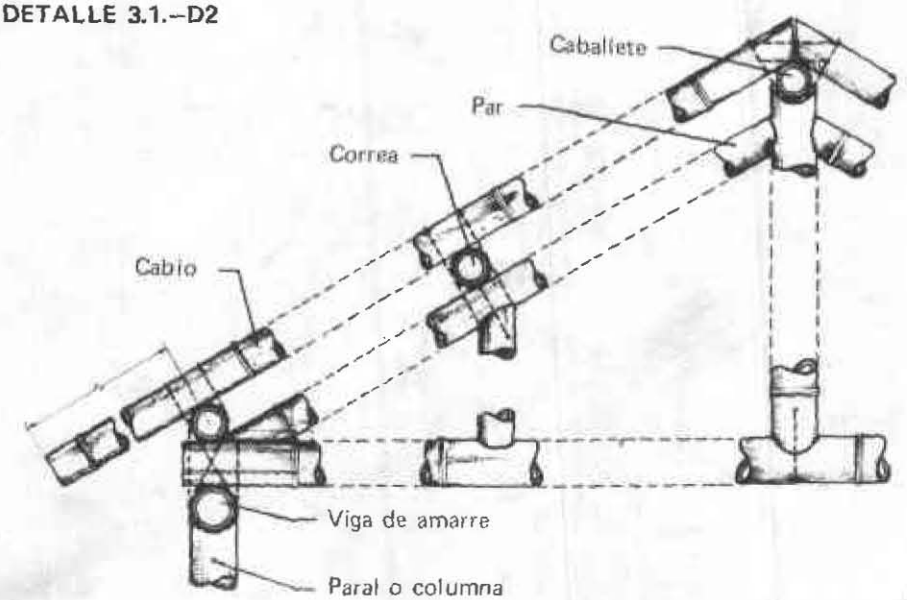
En la construcción de cerchas de bambú se emplean los mismos principios y algunos de los diseños establecidos para cerchas de madera; ya que debido a su forma tubular y hueca, algunas veces no es posible construir con este material ciertos tipos de cerchas que requieren empalmes especiales, lo que la mayoría de las veces puede obviarse empleando accesorios adicionales como por ejemplo uniones hechas en acero; sin embargo, si se emplean miembros laminados de bambú sí es posible construir todos los diseños especificados para madera. (Ver Estructuras Laminadas).

En los detalles 3.1—D1 y 3.1–D2 se indican otros tipos de cerchas que se emplean además de las indicadas en los detalles 3.1-B y 3.1-C.

DETALLE 3.1–D1

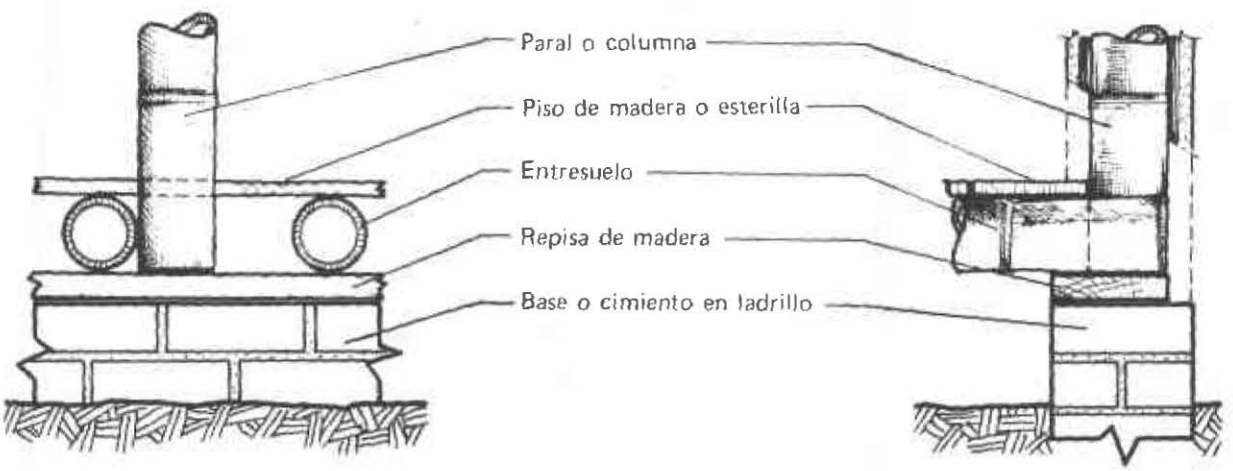


DETALLE 3.1.–D2



DETALLE 3.1 – E1.

Corresponde este detalle a la forma como se apoyan sobre la base o sobrecimiento de concreto ciclópeo, piedra o ladrillo, los entresuelos del piso, y los parales de las paredes de bahareque o barro embutido. Como puede verse a todo lo largo del sobrecimiento se coloca una repisa o tablón de madera que tiene como objetivo no sólo unir horizontalmente todos los miembros que sobre ella se apoyan, sino servir de soporte para poder clavar la esterilla lateral que sirve de base al repello.

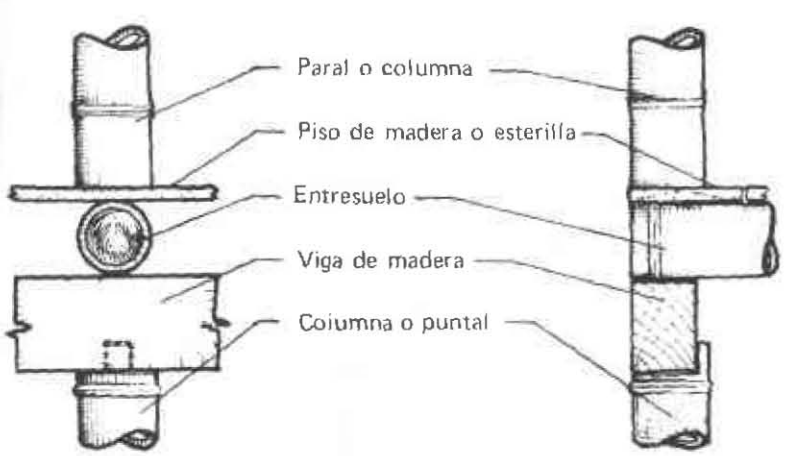


ALZADA PERFIL

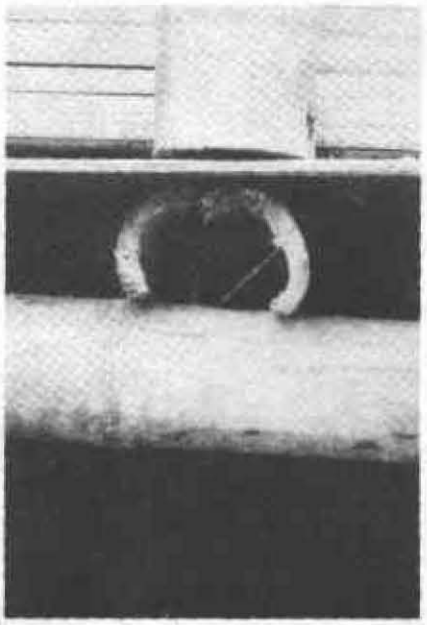
DETALLE 3.1 – E2

Este detalle corresponde a la plataforma de un piso elevado sobre el suelo sostenido por columnas. Sobre las columnas se coloca una viga maestra de bambú o madera, sobre la cual se apoyan los entresuelos. El piso de madera se prolonga sobre el entresuelo hasta quedar a ras con la viga y sobre él se apoya el paral del muro o la columna, en tal forma que su eje coincida con el del entresuelo. Su aplicación puede verse en los detalles de construcción de vivienda.

ALZADA PERFIL



La fotografía muestra la forma como se construye un balcón en cantilever.



Falla por aplastamiento del extremo del bambú, que se evita colocando un cilindro de madera en el extremo

DETALLE 3.1 – E3

Corresponde este detalle a la intersección en esquina de la solera inferior de un muro de bahareque o de barro embutido con la viga maestra de bambú o madera. En él se indica una de las soluciones que existen para evitar el aplastamiento en el bambú cuando corresponde a este punto un entrenudo sin nudo final. En este caso se introduce un cilindro de madera como se indica en la figura.

DETALLE 3.1 – E4

Este detalle como el anterior corresponde a la intersección en esquina, de una viga maestra en madera con la solera inferior también de madera, de una pared de bahareque o de barro embutido.

Poblado en las cercanías de Cartago, Colombia, construido totalmente en bambú.

3.1.6 CONSTRUCCIONES DE TECHO CONICO CON PLANTA CIRCULAR (KIOSCOS)

Una de las construcciones más típicas en bambú, que se encuentran comúnmente en algunos lugares rurales y poblados de los departamentos de Caldas y del Valle del Cauca, en Colombia, son las construcciones de planta circular y techo de paja cónico, conocidas con el nombre de Kioscos, que por lo general hoy se emplean como centro comunal o lugar de diversión de los habitantes del lugar, y muy raramente como vivienda familiar.

A pesar de su origen primitivo, es el tipo de construcción más interesante que existe en Colombia, desde el punto de vista constructivo, ya que es en el único caso en el que realmente se aprovechan las cualidades físicas del bambú.

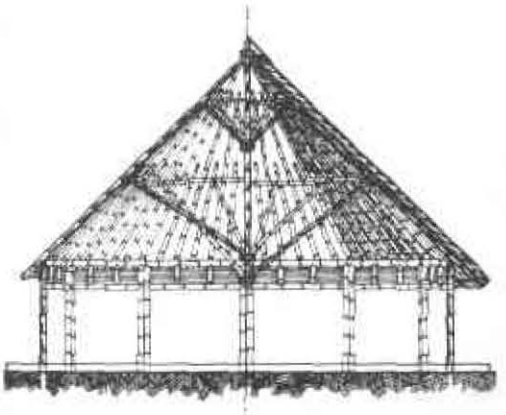
Las primeras construcciones de tipo circular tenían un diámetro no mayor de 6 mts., y eran utilizadas como vivienda. Estaban constituidas por un techo cónico cubierto con hojas de palma, formado por cabios de bambú colocados radialmente, soportados en la cúspide por una columna de bambú de máximas dimensiones, que se denominó rey por el hecho de ser el elemento estructural más importante y por estar clavado en el centro del espacio que conformaba la vivienda. Los cabios, en el borde del techo estaban asegurados directamente a columnas de bambú enterradas en el suelo, unidas entre sí por esterillas de bambú que constituían el amarre y pared periféricas.

Posteriormente cuando este tipo de construcción fue adoptada como centro de reuniones, se construyó en diámetros mayores, suprimiéndose la esterilla periférica con el fin de tener más luz, ventilación y más fácil acceso. En su reemplazo se colocó una viga periférica de amarre sobre las columnas.

Al tener mayor diámetro el kiosco, los cabios tendían a flectarse por lo que fue necesario colocar a cada uno de ellos un pie de rey o tornapuntas que se apoyaron sobre una corona inferior que abrazaba al rey, aproximadamente en su punto medio, actuando en la misma forma que los soportes radiales inferiores de un paraguas. Luego, cuando la columna central sirvió de estorbo, se suprimió su parte inferior hasta una altura por encima de la cabeza de una persona.

Para evitar el empuje lateral del techo sobre las columnas periféricas, causado por la supresión de la parte inferior del rey, se ideó un sistema muy interesante que consiste en colocar en la parte superior de estas columnas, una serie de anillos paralelos, de tensionamiento formados por latas de bambú continuas que las amarran periféricamente como se indica en los detalles constructivos. Estos anillos actúan en la misma forma que los anillos metálicos de los toneles de madera o como los cables de acero de tensionamiento que hacen parte de la estructra de la Plaza de Toros de Cali, Colombia.

Por lo general el período de duración de estas construcciones es de 6 a 10 años, debido a que no se emplea ningún tipo de preservativo; sin embargo, se tiene la costumbre de cortar el bambú en menguante, por la creencia muy generalizada de que si se corta el bambú en esta face de la luna, es luego menos propenso al ataque de los insectos, lo que no tiene fundamento alguno según los experimentos realizados en la India y Puerto Rico, que se indican en el Capítulo de Cultivo.



Planta circular de un kiosco con anillo de tensión.

3.1.6.1 Diseño

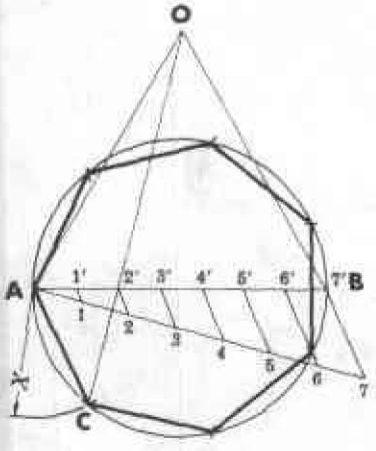
La planta de las construcciones circulares está formada por un polígono regular. Para su diseño debe tenerse en cuenta que, la separación entre columnas no es recomendable que sea mayor de 3 mts., cuando se emplean columnas sencillas y de 3.50 mts., para columnas dobles. El diámetro de estas columnas varía de acuerdo a su separación y al diámetro del kiosco. Para diámetros mayores de 4 metros deben emplearse columnas de bambú correspondientes a la parte basal del tallo, con diámetros mayores de 12 cms., y espesores mínimos de 1,5 cms.

Uno de los sistemas gráficos más sencillos para diseñar un kiosco de determinado diámetro es el siguiente:

1o. Para calcular el número de lados del polígono y su dimensión exacta se procede en la siguiente forma: Dibújese un círculo a escala pequeña, con el diámetro indicado. Tentativamente determínese con una regla o un compás el número de lados del polígono, teniendo en cuenta que cada lado no debe ser mayor de 3,50. Una vez que se ha determinado aproximadamente el número de lados, se divide el diámetro del círculo AB en el número de lados obtenidos, por ejemplo: 7. Teniendo como base el diámetro, constrúyase un triángulo equilátero OAB. A partir del vértice O trácese una línea que pase por la segunda división o sea por 2' hasta cortar el círculo en el punto C. La distancia AC o sea X corresponde a la longitud exacta del lado del polígono. Si la longitud del lado del polígono resulta mayor que la longitud máxima recomendada para el intercolumnio, debe modificarse el diámetro disminuyéndose, o aumentándose el número de lados del polígono.

2o. La longitud del rey, cabios, tornapuntas y columnas, se determinan gráficamente en la siguiente forma: A partir del polígono dibujado, se construye un corte del kiosco en el cual se indican los ejes de las columnas laterales, con una altura de 2.50 a 3 mts., y la proyección del cono del techo con una pendiente igual o mayor de 45 grados, que es la más recomendada para techos de paja. El vértice del cono debe coincidir con el eje del rey. Posteriormente a partir del punto central de las líneas dibujadas a 45 grados, que corresponden a los cabios, se traza el eje del tornapuntas hasta el del rey, con el cual debe formar un ángulo no mayor de 60 grados.

Sistema para determinar la dimensión de los lados del polígono del kiosco.



El punto de unión del tornapuntas con el rey corresponde a la parte superior de la corona sobre la cual descansarán los extremos de los tornapuntas, que se fijan al rey y no a la corona, como puede verse en los detalles constructivos.

El extremo inferior del rey debe prolongarse una longitud de 20 cms., por debajo de la superficie inferior de los maderos que forman la corona.

Si el extremo inferior del rey, una vez localizados los puntos anteriores, queda a una distancia menor de 2.20 mts. del nivel del piso terminado, debe aumentarse la altura de las columnas en la diferencia que se tenga, o de ser posible se eleva la corona, modificando el ángulo de los tornapuntas. Es muy importante en base al diseño realizado construir una pequeña maqueta con la cual se pueden superar muchas dudas y se evita cometer errores en la construcción, particularmente cuando no se ha tenido experiencia en este tipo de construcción.

3.1.6.2 Kioscos con Anillo de Tensión.

Para facilitar el entendimiento del sistema de construcción que se emplea, se indican las diversas etapas de construcción en el dibujo de un kiosco formado por un polígono de 12 lados.

Es muy importante tener en cuenta que los bambúes que van a ser utilizados deben ser curados y tratados previamente. Los bambúes correspondientes a las columnas periféricas deben tratarse además con creosota, o cualquier otro preservativo similar, en la zona que va a permanecer por debajo de la línea de tierra.

Etapa A. Una vez determinados sobre el terreno los niveles, el centro de la circunferencia y los ejes radiales de las columnas, se entierran éstas hasta una profundidad previamente señalada de acuerdo a la capacidad portante del suelo.

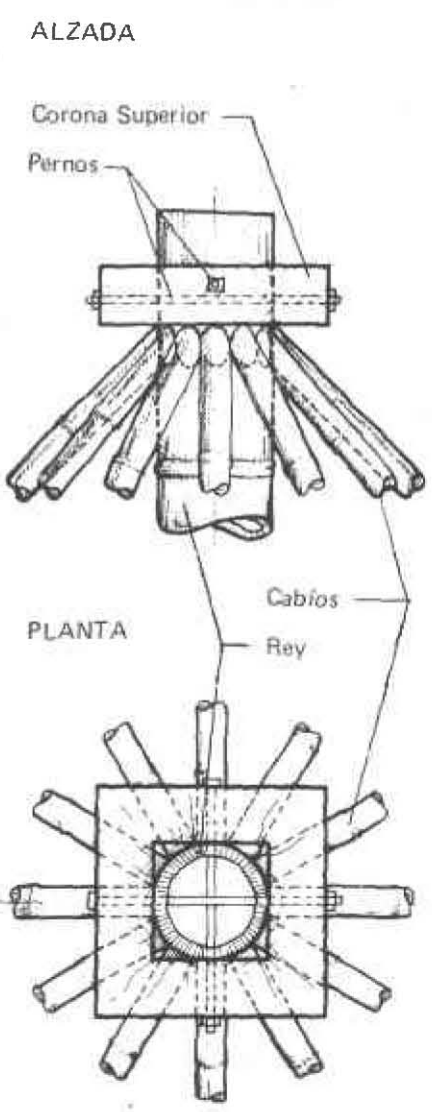
Etapa B. Sobre las columnas se colocan las vigas periféricas, la solera y pequeños soportes sobre los cuales se clavan las latas que se van a emplear como anillo de tensionamiento. Al mismo tiempo se coloca en el centro el tarugo que va a ser utilizado como rey que debe ser un bambú de máximo diámetro y espesor de pared. Esta pieza debe corresponder a la parte basal o inferior de un tallo, y debe tener el máximo diámetro posible. Tanto el tarugo empleado como rey, como el resto de piezas que se utilicen, deben cortarse a una longitud mayor a la calculada gráficamente; posteriormente, una vez hecha la estructura, o en el transcurso de su construcción, se cortan las partes sobrantes.

El rey, una vez colocadas la corona superior y la inferior, se coloca sobre una plataforma asegurándose verticalmente de un andamio construido previamente con este fin. En el caso de que la longitud de la circunferencia del rey sea menor al total de los diámetros de los tornapuntas y por consiguiente no haya espacio para colocarlos todos, debe adicionarse una segunda corona en el rey siguiendo los mismos principios indicados anteriormente. Para evitar que durante el transcurso de la construcción se presente este problema, es muy importante conocer los diámetros de los bambúes que se van a utilizar, antes de iniciar el diseño.

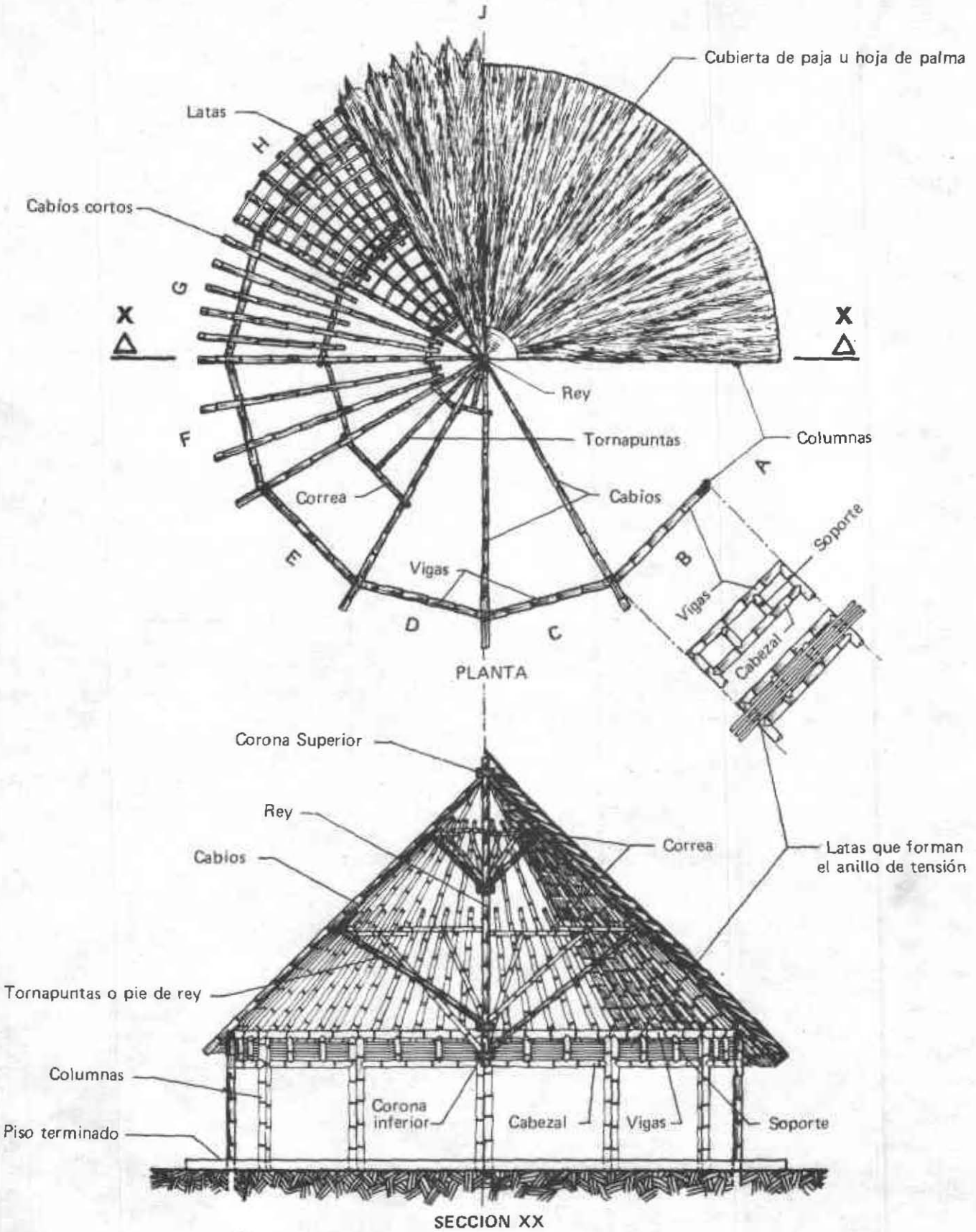
Las coronas están formadas por un marco de madera de buena resistencia, de 10 cms. de espesor aproximadamente, que se aseguran del rey por medio de pernos colocados como se indica en los detalles constructivos. En ningún caso deben emplearse clavos. Las coronas tienen como fin evitar que los tornapuntas y cabios se deslicen sobre el rey, por consiguiente las coronas inferiores deben colocarse en lo posible inmediatamente encima de los nudos del bambú y la superior por debajo del nudo.

Etapa C. Colocados el rey y las vigas periféricas se procede a colocar los cabios teniendo en cuenta que el extremo más delgado debe fijarse por debajo de la corona superior, para lo cual se hace en cada uno de los extremos un corte de pico de flauta, asegurándose luego con puntillas sobre el rey y no sobre la corona. Una vez colocado un cabio se fija el del lado opuesto. Si por alguna circunstancia no hay espacio muy suficiente para todos los cabios, se pueden recortar un poco lateralmente. Después de fijados con puntillas, se amarran en conjunto con el rey. El extremo inferior se coloca sobre el eje de una columna y se amarra de ésta y de la viga.

DETALLE DE LA CORONA SUPERIOR



DETALLE 3.1–A KIOSCO CON ANILLO DE TENSION



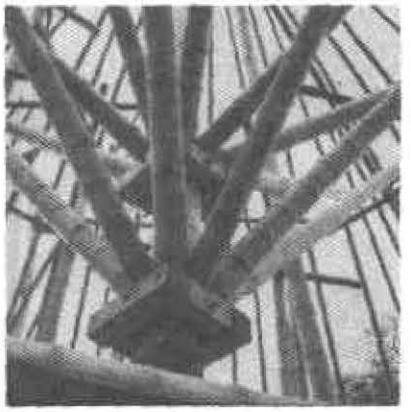
SECCION XX

Etapas D y E. Una vez fijados los cabios largos se colocan los tornapuntas superiores e inferiores. Estos se fijan al centro del par que sostiene en cada uno de sus extremos un cabio. Cuando se emplean dos coronas inferiores, los tornapuntas se colocan combinadamente siguiendo el sentido de las manecillas del reloj, es decir, el tornapuntas No. 1 sale de la corona inferior, el No. 2 de la superior, el No. 3 de la inferior y así sucesivamente. Esto se hace para que la presión que hacen sobre el rey sea equilibrada en conjunto, de lo contrario se puede producir posteriormente un giro o torsión en el rey con graves consecuencias.

Etapas F. y G. Colocados los tornapuntas y soportes que evitan que los cabios largos se flecten, se colocan los cabios cortos como se indica en los detalles constructivos. Cuando la distancia mayor entre los cabios cortos es superior a 50 cms., es necesario colocar otros cabios cortos intermedios.

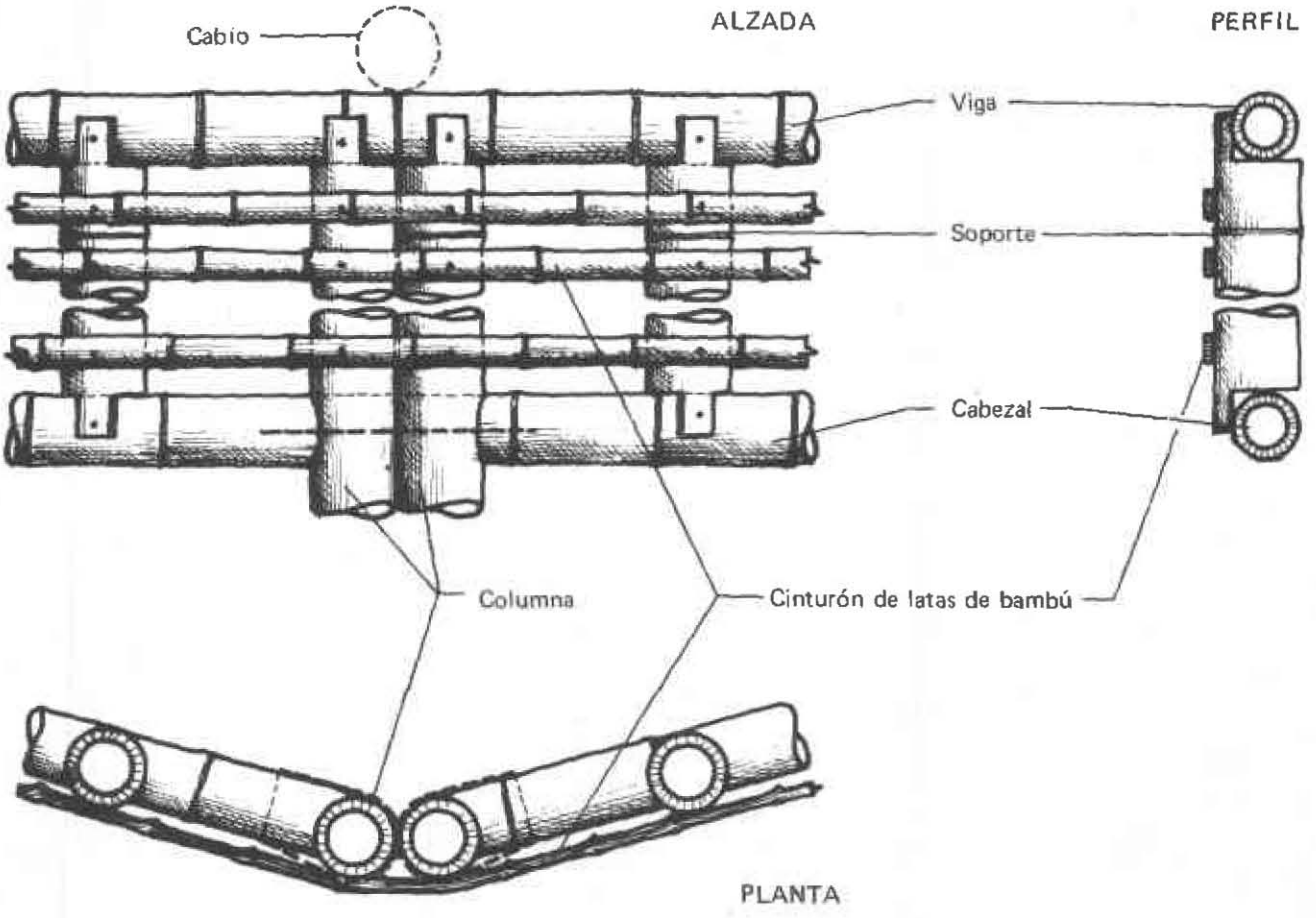
Etapas H. y J. Una vez terminada la estructura del techo se colocan los anillos de tensión faltantes y que previamente no se hallan colocado en un principio para facilitar el amarre de los cabios. Para la construcción del techo, se clavan sobre los cabios latas separadas 20 ó 30 cms., según la hoja de palma que se vaya a utilizar para techar.

Una vez colocada la cubierta de palma se recorta su borde. Terminado completamente el kiosco se quita el soporte inferior que sostiene el rey.



En la fotografía se muestra el sistema de construcción de las coronas intermedia e inferior y la posición de los tornapuntas.

3.1–A1 DETALLE DEL ANILLO DE TENSION



3.1.6.3 Kioscos con anillo de tensión en concreto

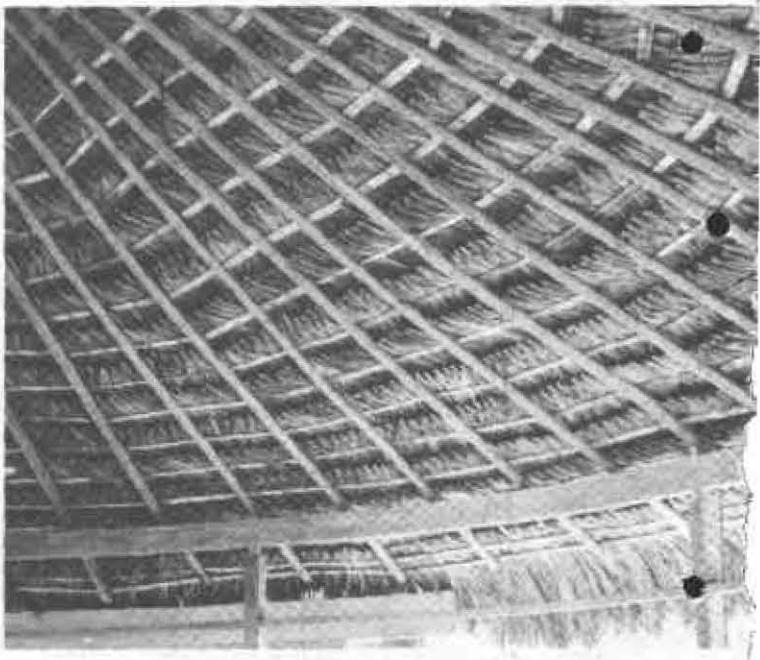
El kiosco que se indica en estas fotografías fue construido en Cali, Colombia, en 1971. Tiene la característica de que tanto las columnas como el anillo de tensión, (en este caso reemplazado por la viga de amarre), como el cabezal; fueron construidos en concreto reforzado con varillas de acero. La estructura del techo está formada solamente por cabíos de bambú amarrados al anillo de tensión, también con varillas de acero; y asegurados en el extremo superior a un anillo metálico. Dada la rigidez de la estructura portante, se suprimieron, el rey y los tornapuntas; lo que sólo es posible hacer en kioscos construidos totalmente en bambú cuando la pendiente del techo es igual o mayor a 60 grados.

El ejemplo indicado, es muy interesante no sólo por ser la primera muestra de la evolución e influencia de nuestra arquitectura del bambú; sino también porque construcciones similares pueden hacerse empleando concreto reforzado con bambú.

Vista del alero y de la estructura de concreto del kiosco, formada por las columnas, la viga de amarre y una viga inferior equivalente al cabezal de bambú que sólo presta una función decorativa.

Fotografía del kiosco terminado en la cual se observan: la cubierta de hoja de palma, las columnas de concreto y el antepecho construido con prefabricados de concreto.

Vista interior del kiosco en la cual se observan: los cabíos del techo, la forma como se colocan las hojas de palma que sirven de cubierta y la viga de amarre sobre la cual se apoyan los extremos inferiores de los cabíos.



3.1.6.4 Kioscos con tensores

En 1962 se construyó en el Club Campestre de Palmira, Colombia, un gigantesco kiosco, diseñado por el autor, con un área cubierta de 320 metros cuadrados, sin apoyo central, con capacidad para 400 personas, que sería utilizado temporalmente, mientras se terminaban las instalaciones principales.

El kiosco es de forma cuadrada y a la vez poligonal, como puede apreciarse en los dibujos explicativos. Los lados del cuadrado son de 15 metros de longitud y la diagonal que corresponde al máximo diámetro es de 21.20 mts., de longitud.

Debido a su forma externa, no era posible colocar los anillos de tensión de bambú que normalmente se coloca en kioscos circulares, por lo tanto, fue necesario colocar en su lugar cables tensores de acero, que además de unir diagonalmente las columnas colocadas en el polígono interno, podían soportar el rey una vez que éste tendiera a descender debido a las presiones causadas por el viento sobre la cubierta, o por la pérdida de resistencia que se presenta con los años en el bambú, cuando éste no es debidamente tratado.

Dos días antes de la inauguración del kiosco hubo un vendaval tan fuerte que tumbó varios muros de ladrillo de otras construcciones que se estaban haciendo en el Club. La presión del viento sobre un lado del techo del kiosco fue tan tremenda que desplazó horizontalmente el extremo inferior del rey, aproximadamente un metro, pero no lo tumbó. Por medio de palancas de bambú se obligó al rey a volver a su posición original, después de lo cual se revisaron todas las uniones encontrándose que no habían sufrido daño alguno. Ese día, por qué no decirlo, se inició la veneración que hoy siente el autor por este maravilloso material.

En la actualidad el kiosco lleva de construido 11 años; su estado general es satisfactorio, aunque ya comienza a mostrar algún deterioro en algunos bambúes, lo que hará necesaria su reconstrucción completa en poco tiempo, pues no es posible su reparación parcial.

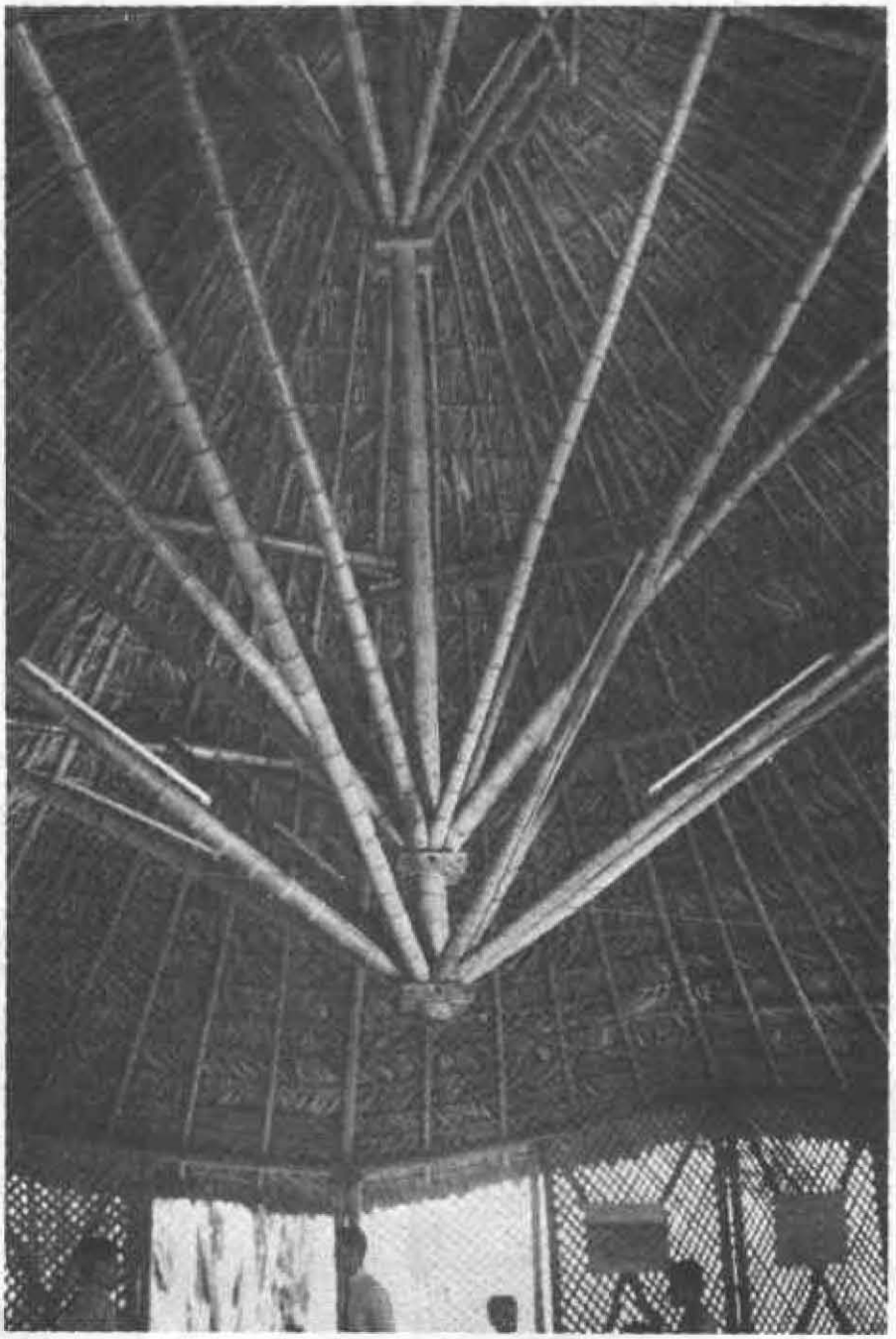
Es importante anotar que los bambúes empleados en la construcción, sólo fueron tratados por aplicación externa de preservativos a excepción de las columnas a las cuales se les aplicó alquitrán en la zona inferior de la línea de tierra.

La fotografía muestra el kiosco construido en el Club Campestre de Palmira, en el cual se emplearon tensores de acero.

Periódicamente se le ha aplicado por aspersión un preservativo, tanto a los bambúes como a la hoja de palma del techo.

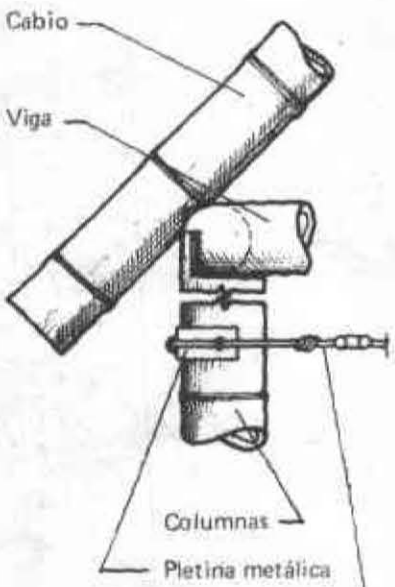
El sistema de construcción de este kiosco, es similar al de los kioscos circulares. Los cables tensores de acero deben colocarse en la forma como se indica en los detalles constructivos, empleando una pletina de acero entre el cable y las columnas de bambú para evitar que los cables trocen las columnas.

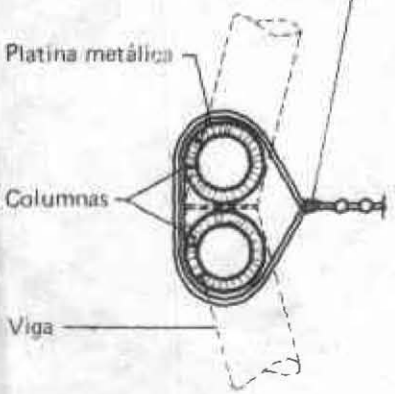
Vista interior del kiosco del Club Campestre de Palmira, en el cual se muestra la estructura de soporte interno de la cubierta, formada por el rey, tornapuntas y tensores de acero en remplazo del anillo de tensión.



3.1–A2 DETALLE DEL TENSOR

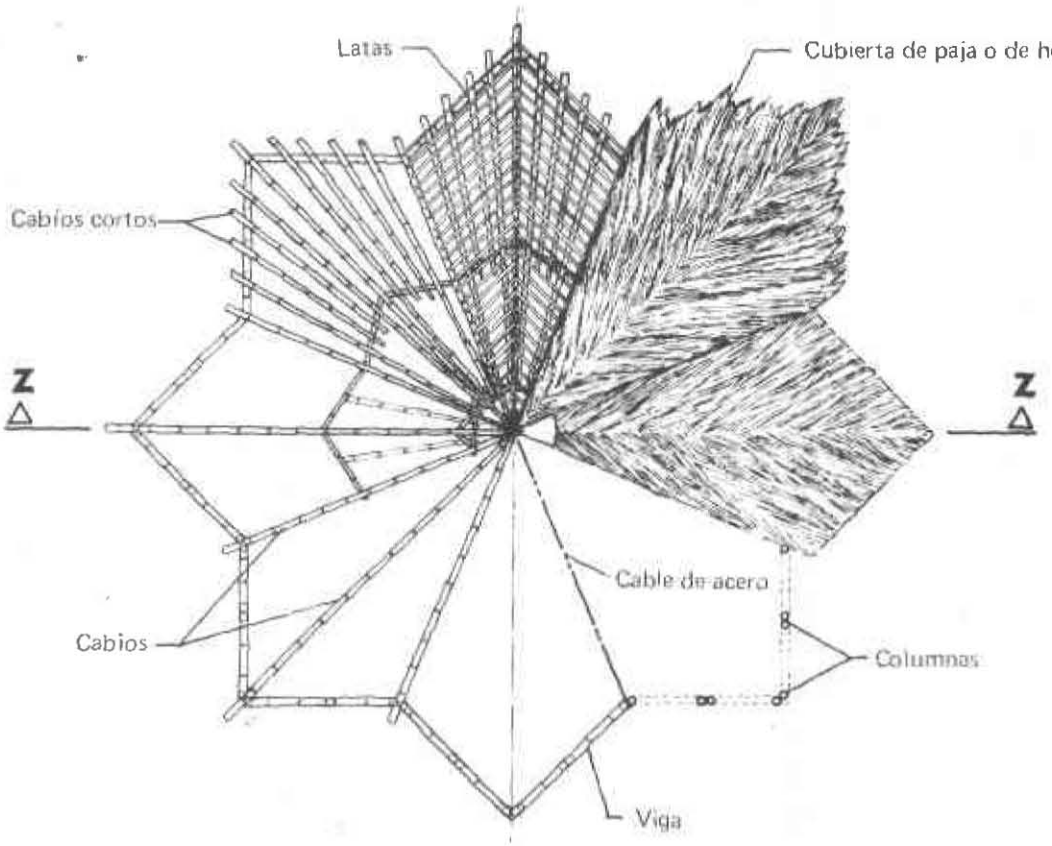
ALZADA





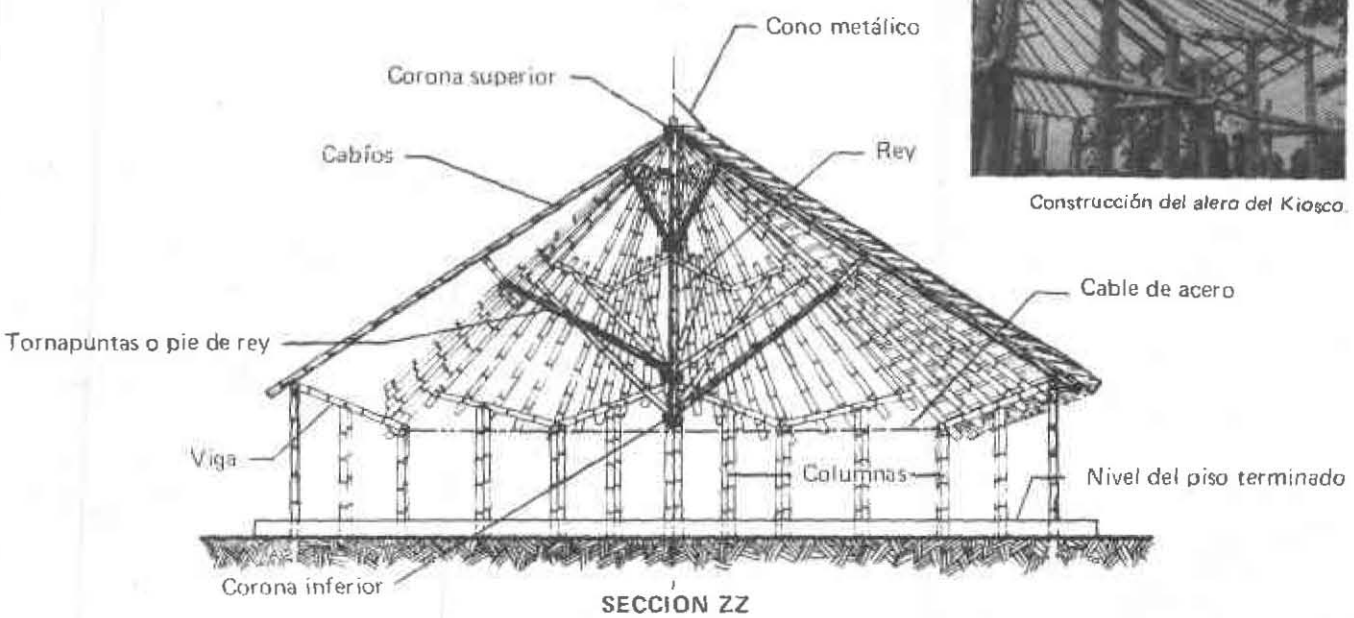
PLANTA

DETALLE 3.1–B - KIOSCO CON TENSORES



PLANTA

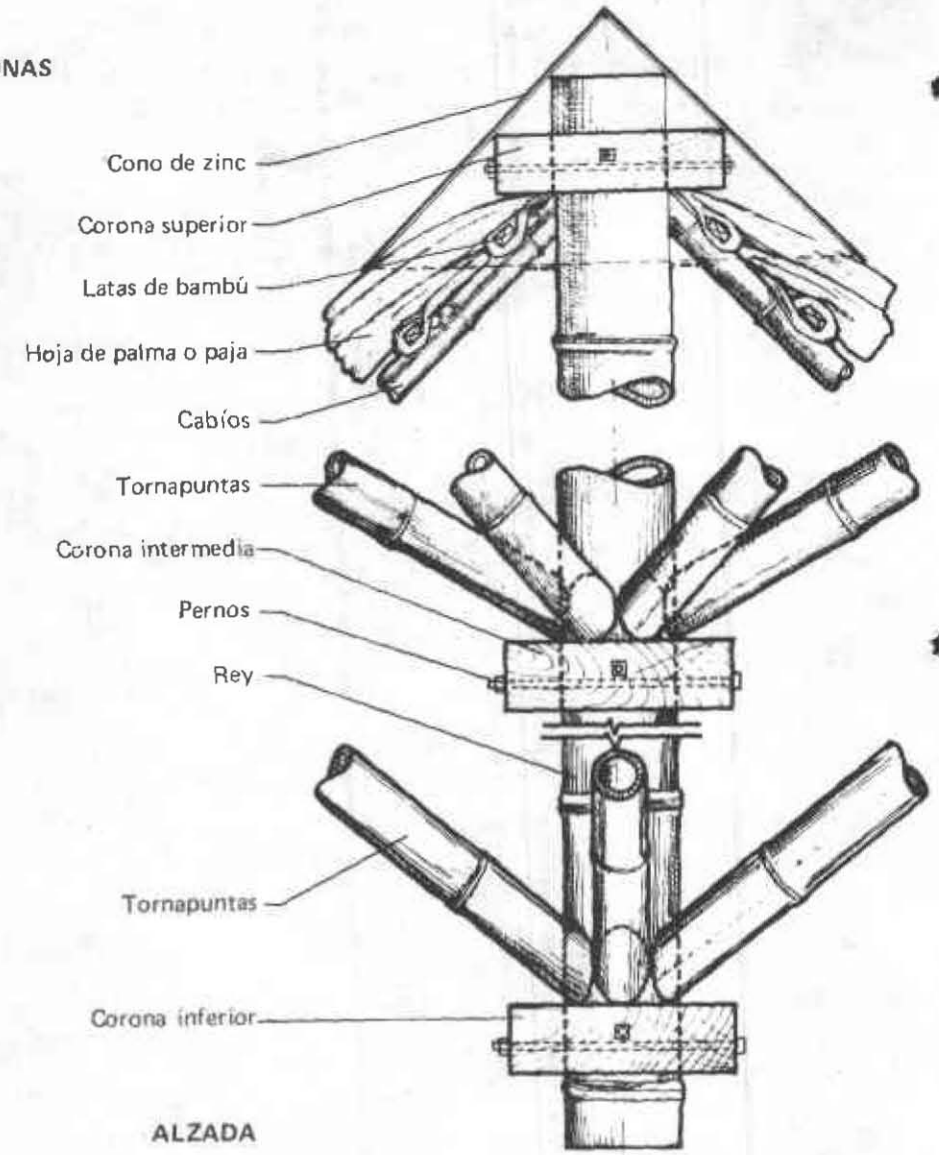
Construcción del alero del Kiosco.



SECCION ZZ

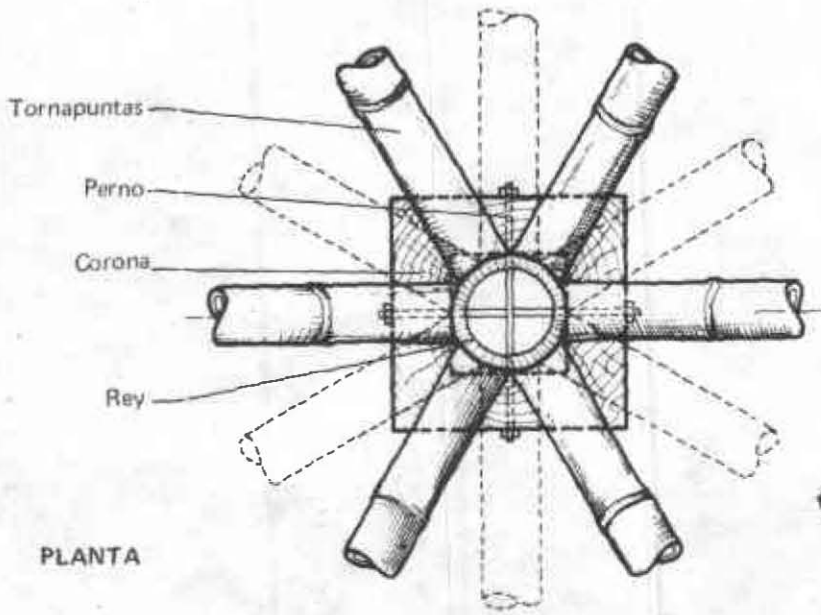
3.1–B1 - DETALLE DEL REY Y CORONAS

Vista inferior de la corona superior del rey que sirve de soporte a los cabios.



ALZADA

Vista superior del rey y coronas intermedia e inferior



PLANTA

3.2 EL BAMBU EN LA ARQUITECTURA HINDU

India es uno de los países asiáticos que posee mayor cantidad de especies de bambú. Según Raizada y Chatterji (5), existen en dicho país alrededor de 136 especies, que se desarrollan desde el pie de los Himalayas hasta los 3.657 metros (12.000 pies) de altura. Sus especies comprenden desde pequeños arbustos como son las del género *Arundinaria*, hasta las más grandes como el *Dendrocalamus giganteus*, que normalmente alcanza una altura de 36 metros (120 pies) y un máximo diámetro promedio de 20 cms., dimensiones sólo comparables a las de las mejores especies de la *Bambusa guadua (Guadua angustifolia* Kunth) nativa de Colombia y Ecuador.

Es muy posible que en otra época existieran en la India variedades más grandes que el *Dendrocalamus giganteus*, lo que se comprueba en las descripciones hechas por Marco Polo en sus viajes por el Oriente, quien dice haber visto en la India bambúes de 45 cms., (1,5 pies) de diámetro que eran utilizados como botes. Esto como se anotó anteriormente, es confirmado por Acosta en su "Tratado de las Drogas y Medicinas de las Indias Orientales" (1578), quien al hablar del bambú dice:

"Algunas de éstas (cañas) especialmente en Malabar, se encuentran tan grandes que la gente las utiliza como botes, no abriéndolas sino cortándolas longitudinalmente dejando sus nudos naturales en los extremos, luego una pareja de negros desnudos se sube cada uno en el extremo del mambú (como ellos lo llaman), provistos de canalete en cada mano. . . y sobre una caña de esta clase la gente pasa los ríos sentada y con las piernas colgando".

3.2.1 ESPECIES DE LA INDIA DE MAYOR USO EN CONSTRUCCION.

Según McClure (46), los bambúes de mayor utilidad y de más diversa aplicación en la construcción, que se emplean en el Hemisferio Oriental, corresponden a los géneros *Arundinaria, Bambusa, Cephalostachyum, Dendrocalamus, Gigantochloa, Melocanna, Phyllostachys y Schizostachyum*, de los cuales se anotan a continuación las especies con su nombre vernáculo y aplicación más común en la India.

Arundinaria callosa (Uskong, Uspar, Spa). Usos: Atadura de techos de paja.

Arundinaria elegans: (Jilli), Usos: Paredes de las cabañas nativas.

Arundinaria falcata. India; (Ravi). Usos: Cubierta de los techos de las casas.

Arundinaria griffithiana: (Khnap). Usos: Ataduras de techos de paja de las casas nativas.

Arundinaria intermedia: Usos: Esteras para cubrir paredes y tabiques.

Arundinaria Khasiana: (Namlong, U-Kadac Namlong). Usos: Paredes tejidas y pintadas de las casas nativas.

Arundinaria mannii: Usos: Atadura para amarrar las estructuras de las casas nativas.

Arundinaria prainnii: Usos: "Latas" o listones para las paredes de las casas nativas.

Arundinaria racemosa: Usos: Construcción de techos y esteras para casas nativas.

Arundinaria spathiflora: Usos: Construcción de casas.

Arundinaria wightiana: Usos: Esteras.

Bambusa arundinacea: Usos: Generales.

Bambusa balcooa: Usos: Generales.

Bambusa blumeana: Usos: Generales.

Bambusa khasiana: Usos: Generales.

Bambusa nutans: Usos: Generales.

Bambusa polymorpha: Usos: Generales, "considerada como uno de los mejores bambúes, para paredes, pisos y techos de las casas" (Watt).

Bambusa tulda: Usos: Generales. Techos, andamios, esteras, etc.

Cephalostachym pergracile: Usos: Generales.

Dendrocalamus brandisii: Usos: Generales.

Dendrocalamus giganteus: Usos: Generales.

Dendrocalamus hamiltonii: Usos: Generales, no muy estimado.

Dendrocalamus hookerii: Usos: Generales.

Dendrocalamus longispathus: Usos: Generales. Según Watt, no es muy estimado como material de construcción, pero es empleado cuando no se pueden obtener especies mejores.

Dendrocalamus membranaceus: Usos: Generales en construcción.

Dendrocalamus Sikhimensis: Usos: Generales.

Dencrocalamus strictus. Usos Generales.

Gigantochloa macrostachya: Usos: Generales.

Melocanna baccifera: Usos Generales

Oxytenanthera nigrociliata: Usos: Generales.

Pseudostachyum polymorphum: Usos: "Latas" o listones esteras, tiras para anudar las estructuras de cabañas.

Teinostachyum dullooa: Usos: "Latas" o listones, esteras.

Thyrostachys oliverii: Usos: Generales.

3.2.2 INFLUENCIA DEL BAMBU EN LA ARQUITECTURA HINDU

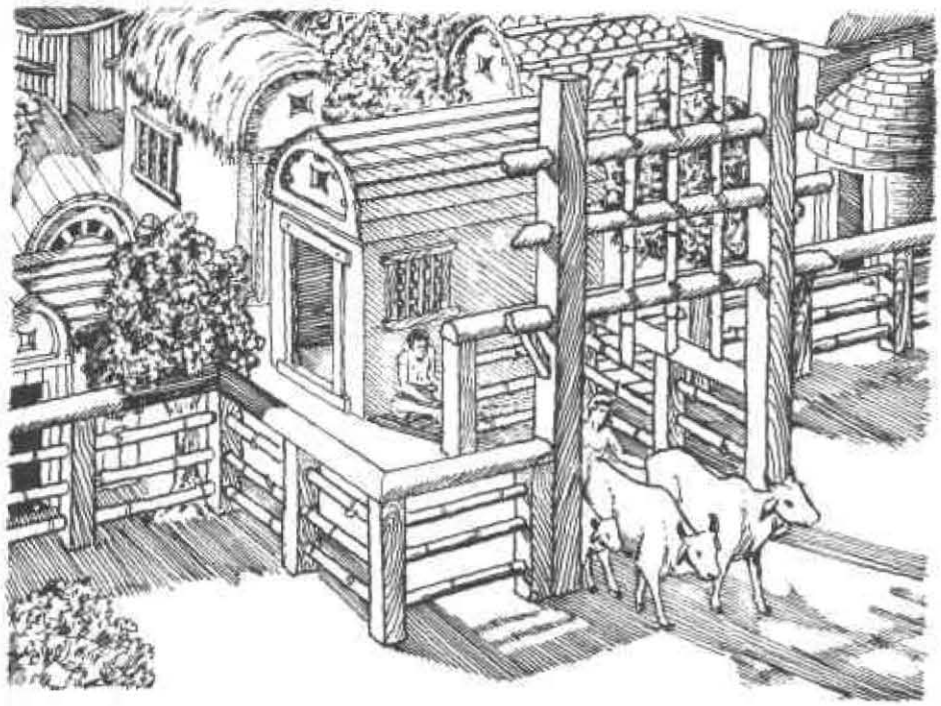
Desde tiempos inmemoriales, India ha sido el país que mejor y más variado uso ha hecho de sus especies de bambú en la construcción, y es quizás el único que ha sabido aprovechar en mejor forma la elasticidad de este material para lograr en sus viviendas y en otros tipos de construcciones, formas que luego tuvieron gran influencia en la arquitectura de muchos de los grandes monumentos y edificios que hoy existen en la India y aún en Arabia.

Para poder determinar cuál ha sido la influencia del bambú en la arquitectura Hindú, es necesario retroceder a sus comienzos, ya que el origen del arte de un pueblo sólo se encuentra en su cultura primitiva, que es la fuente de la cual las formas avanzadas se derivan. En la India, la cultura Veda provee el material para el estudio de los esfuerzos iniciales del hombre en la construcción de los primeros edificios, que se hicieron en respuesta a sus necesidades, antes de que la idea de efecto arquitectónico fuese concebida. Esta cultura que produjo el tipo elemental de vivienda en los bosques, aparece hacia el final del segundo milenio antes de Cristo, como resultado de la gran migración Indo-Aria que vino del noreste y que con el curso del tiempo constituyó la Edad Védica.

Los hindúes se establecieron en las ciudades, pero los Vedas, que eran nómadas, se dedicaron al pastoreo y a la agricultura estableciéndose en los bosques y en el campo, donde construyeron sus viviendas rudimentarias de bambú, techadas con hojas. Según Brown fueron estas viviendas las que constituyeron el principio de la arquitectura Hindú y no las construidas en las ciudades.

3.2.2.1 Origen del Torana.

Una vez establecidos los Vedas en los campos tuvieron que protegerse de los animales salvajes y de los saqueadores, rodeando sus pequeños poblados con una cerca de bambú en forma de baranda, constituida por postes o parales verticales ("thabha") que soportaban tres soleras horizontales ("suchi") o agujas que atravesaban las verticales. Con el tiempo esta cerca se convirtió en emblema de protección y fue usada no sólo para encerrar las aldeas sino como una valla alrededor de los campos o para proteger cualquier lugar especial o de naturaleza sagrada. En la cerca se hicieron entradas especiales que se formaron proyectando hacia la parte externa una sección de la cerca de bambú a manera de barbacana, al frente de la cual se colocó como puerta principal, un pórtico de bambú parecido a un rastrillo primitivo



Entrada o "gopuran" derivada de la forma primitiva, construida originalmente en bambú. Su pórtico fue el origen del "Torana" cuya fotografía se aprecia a la derecha, del cual se derivaron posteriormente el "Torii" y el "Piu-lu", símbolos del Japón y China respectivamente.

a través del cual el ganado entraba y salía; por esto se llamó a esta entrada "Gopuran" que significa entrada de las vacas, y que aún sobrevive en la entrada de muchos templos del sur de la India.

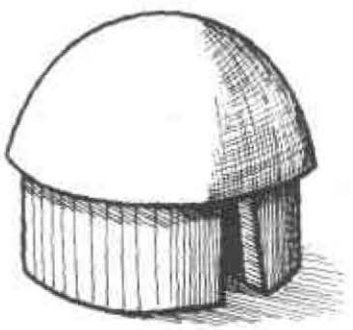
Pero lo más importante es que del diseño del pórtico de bambú se derivó la arcada característica de los Budistas conocida como "Torana", estructura que fue llevada con esta religión al lejano Oriente, donde dieron origen al "Torii" del Japón y el "Piu-Lu" de China.

3.2.2.2 La Vivienda Primitiva.

Las viviendas dentro de la aldea cercada, eran de varias formas. En un principio predominaron las de planta circular quizás porque la tendencia natural primitiva del hombre era hacia las formas redondas como se observa en sus vasijas, canastas y aún en las sillas que parecían canastas redondas invertidas. En la ciudad de Rajgriha en Biar; que probablemente floreció alrededor del año 800 A.C., los cimientos indican que las construcciones eran comunmente de forma circular. Aún en la actualidad las construcciones destinadas a depósitos en muchos lugares de la India son estructuras de bambú en forma circular.

En las aldeas Vedas las viviendas tenían muros circulares de bambú amarrados con juncos y techos en forma de cúpula,cubiertos con hojas de paja. Una ilustración muy interesante de esto puede verse labrada en la roca en el interior de la Celda Sudana, donde todos los detalles de la construcción en bambú aparecen esculpidos.

Vivienda primitiva de bambú, de planta circular y techo en forma de cúpula.



Los dibujos muestran la forma como evolucionó la vivienda de bambú en la India a partir de la forma circular primitiva.

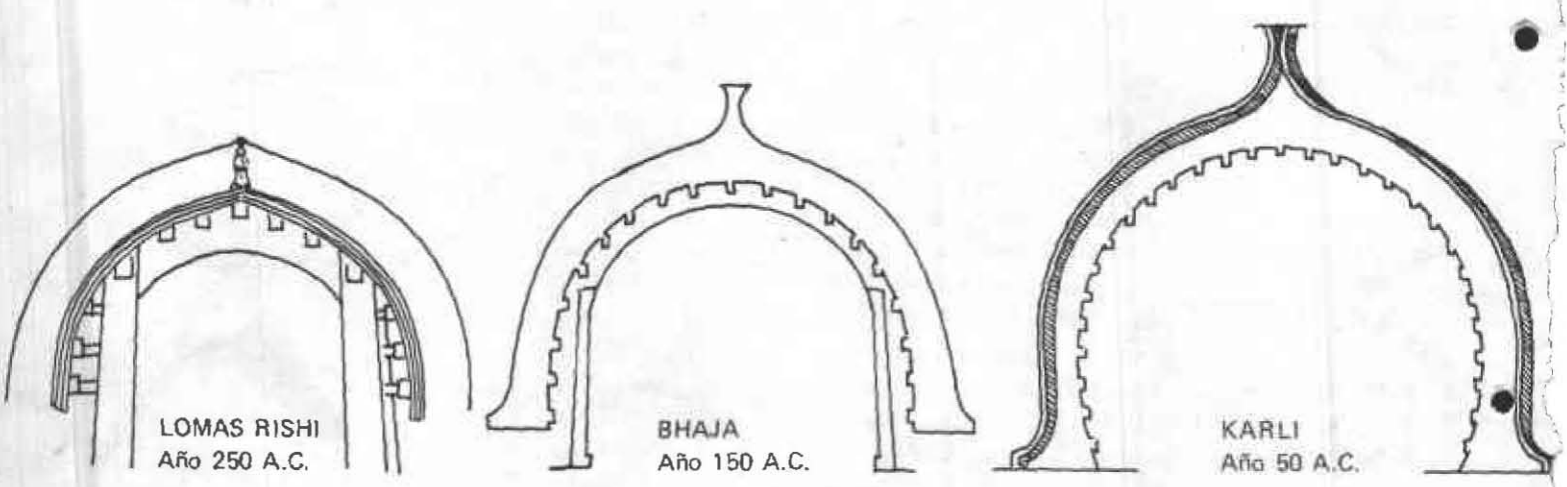
3.2.2.3 Aprovechamiento de la Elasticidad del Bambú en la Construcción de Techos y Arcos de Puertas y Ventanas.

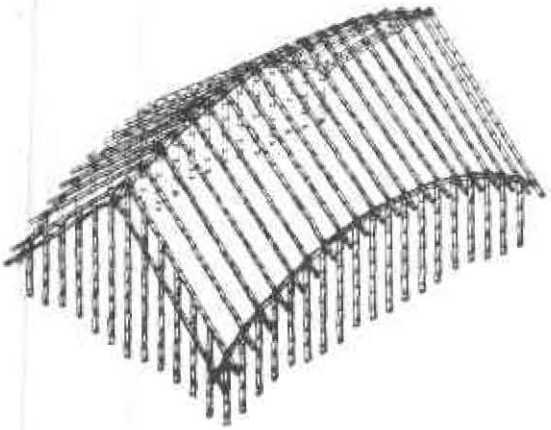
Posteriormente, con la evolución de la vivienda Veda, la planta circular se alargó en forma de óvalo y el techo tomó forma de bóveda de cañón, armado en bambú y cubierto con paja. Para mantener esta forma de bóveda los extremos del arco de bambú se amarraban y tensaban con una cuerda de igual manera que se hace con un arco de lanzar flechas.

Con el tiempo el arco se tensionó con mayor fuerza hasta que el bambú dejó de formar un arco rebajado tomando una forma parecida a la de una herradura, que se denominó "chaitya" o "ventana de sol" que vino a ser característica de la subsecuente arquitectura budista donde se le conoció como "arco de la hoja de loto" símbolo del sol naciente sobre el mar o las orillas del Ganges.

Mucho después, en el Siglo XVI los Bengalíes introdujeron nuevas formas de techos curvos de bambú que tuvieron mucha influencia en los estilos Muhammadan e Hindú. Ellos fueron. El tipo "Chauchala" que tiene 4 lados o aguas y doble curvatura" y el tipo "dochala" que tiene 2 aguas y caballete curvo. En ambos tipos, la forma del techo se logra doblando o arqueando el bambú.

EVOLUCION DEL ARCO "CHAITYA" ORIGINADO EN PRIMITIVOS ARCOS DE BAMBU.





Tumba de Fath Khan en Gaur, Bengala. La forma de su cubierta se derivó del "dochala" o techo de caballete curvo, que aún se construye en bambú en la forma como se indica en el dibujo de la izquierda.

Según Brown (47), estos nuevos estilos de techo fueron resultantes de la extrema humedad de Bengala, donde se encontró que la forma curva de la superficie del techo era más práctica para sacar rápidamente el exceso de agua que cayera sobre el techo, particularmente durante la estación lluviosa.

3.2.2.4 Origen de las Cúpulas de los Templos Hindúes.

A pesar de que la cúpula parece ser característica distintiva de la arquitectura Sarracena, no existe una sola cúpula en las construcciones de Muhammadan en la India, que no tenga origen nativo o derivado de los primitivos prototipos budistas hechos en bambú.

Havell (48), dice que los principales estilos de edificios hindúes pueden dividirse en tres períodos principales de acuerdo a la construcción del techo que es el factor determinante en la evolución de la arquitectura hindú.

El primer período es aquel en que los techos se construyen con estructura de bambú. En el segundo período la construcción en bambú se reproduce más permanentemente en madera, y en el tercer período la construcción de madera se adapta al ladrillo o a la piedra. En los tres períodos el ladrillo y la piedra fueron empleados hasta cierto punto en la subestructura de los edificios. Vale la pena anotar que esta misma clasificación sirve para indicar a groso modo los tipos de edificaciones que pertenecen a los 3 diferentes estratos sociales. El primero, representa las viviendas humildes de los labradores y de la clase baja. La segunda, las viviendas de la clase media y la tercera el palacio del rajá, de los nobles, edificios del estado, templos y mezquitas.

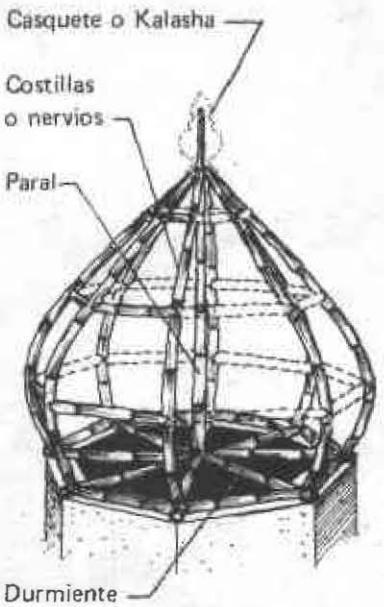
Son descendientes del primer período o de prototipos de bambú:

1o. Los techos en bóveda de los edificios de Asokan, como se describe en los relieves de Bharut y Sanchi; así como también, la forma de herradura o de hoja de loto de sus ventanas.

2o. El antiguo estilo magadhan que pertenece a Bengala, una zona del país, en el cual el bambú determina el carácter de las viviendas en muchas de las aldeas y de la arquitectura del templo.

Forma común de techo derivado del "chauchala" o techo de 4 aguas con doble curvatura, construido originalmente en bambú.

Vista exterior del Taj Mahal uno de los monumentos más hermosos de la India. La forma de su cúpula es descendiente directa de las primitivas cúpulas construidas originalmente en bambú en los templos budistas indúes. Un diseño de su construcción original se muestra en la parte inferior.



CUPULA PRIMITIVA DE BAMBU

3o. El moderno estilo de templo bengalí, que es descendiente en línea directa del antiguo estilo magadhan.

4o. La cúpula Dravidiana de 8 nervios tal como se ve esculpida en Mamallapuran y Kalugumalai; son todas reproducciones de cúpulas de este tipo construídas con nervios de bambú.

5o. El simbolismo de los antiguos cánones de los artesanos hindúes, los silpasastras, relacionados con la ornamentación de la cúpula es directamente derivada de los principios de construcción del bambú. El ornamento dio expresión simbólica a las partes más vitales de ella.

En una cúpula primitiva hecha con bambú existen 4 partes esenciales que aseguran la estabilidad del conjunto como son:

a) El paral o eje que debe asegurarse firmemente ya sea del piso o sobre una base estable.

b) Las costillas o nervios de bambú.

c) Los durmientes sobre los cuales las costillas de bambú se aseguran al paral en el arranque de la cúpula.

d) El casquete que los asegura firmemente en la corona de la cúpula.

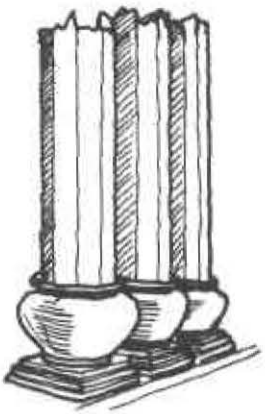
e) Los pétalos de loto que invariablemente decoran el arranque de las cúpulas hindúes, se colocan en el lugar donde los durmientes se unen a las costillas formando horizontalmente el "chakra", la rueda de las leyes budistas y el símbolo del universo para los hindúes. El casquete de la corona de la cúpula semeja el eje de la rueda y denota la parte central del universo y la causa de todo lo existente. La vasija invertida o "kalasha" que corresponde al remate superior de la cúpula tiene la forma de la yema del loto, colocada sobre el "Maha-Padma" o del "amalaka" que es el símbolo del elemento creativo y de la vida misma.

Se ve muy claramente en la ilustración que los elementos constitutivos de la cúpula del Taj Mahall siguen exactamente en forma y simbolismo los cánones de los primitivos templos budistas hindúes de bambú.

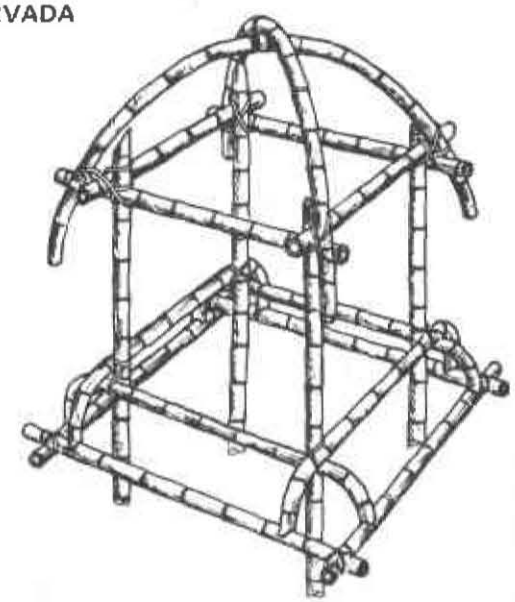
Según Havell, (48) la arquitectura árabe como la mayor parte de su cultura fue derivada. La cúpula de la gran mezquita de Damasco construida en el Siglo VIII D.C., no fue ciertamente un invento de los contructores sarracenos. Las pequeñas cúpulas de Ajanta muestran el mismo principio constructivo a pesar de que son representaciones hechas por el escultor, de esctructuras de cúpulas hechas de bambú, que fueron construidas en cantidades por los artesanos de templos budistas, no sólo en la India sino en lugares del Asia a donde llegaba la religión budista. Se puede asegurar que las cúpulas de Ajanta no son creaciones resultantes de la imaginación del escultor, en la misma forma que los motivos decorativos del Renacimiento Italiano, son una exacta representación de los edificios contemporáneos.

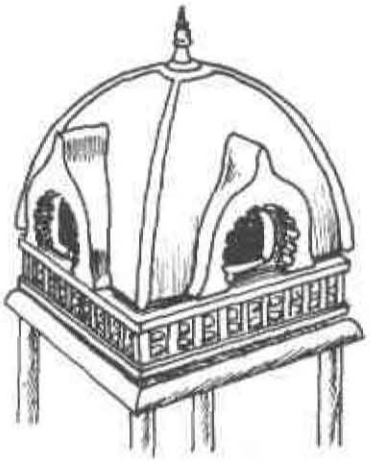
En cuanto a la forma como se construyeron estas gigantescas cúpulas huecas en su interior, es muy posible que el método seguido hubiera sido utilizando una cimbra de bambú ya que este flexible material se empleó originalmente para producir la forma característica de la curva de la cúpula y para formar el arco de la hoja de loto de las ventanas de los antiguos edificios.

ORIGEN DE LA COLUMNA KARLI

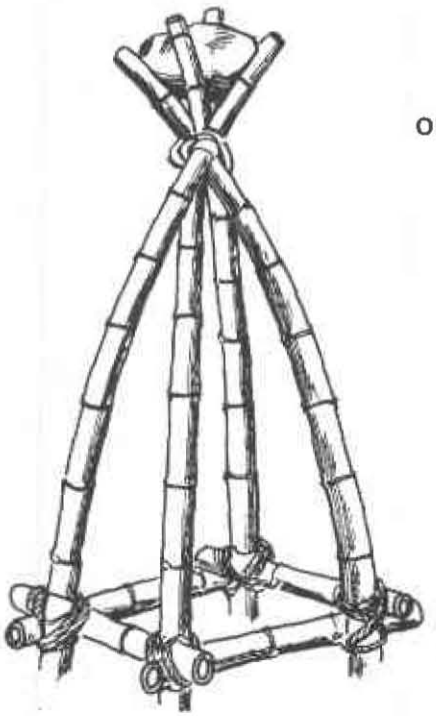


ORIGEN DE LA BOVEDA NERVADA

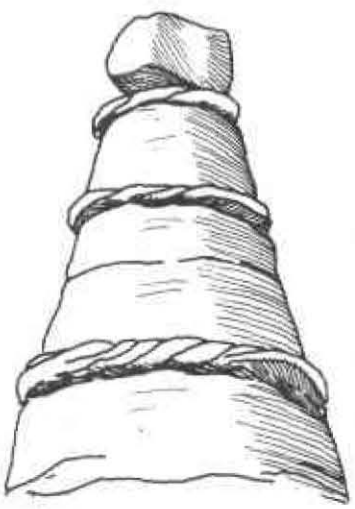




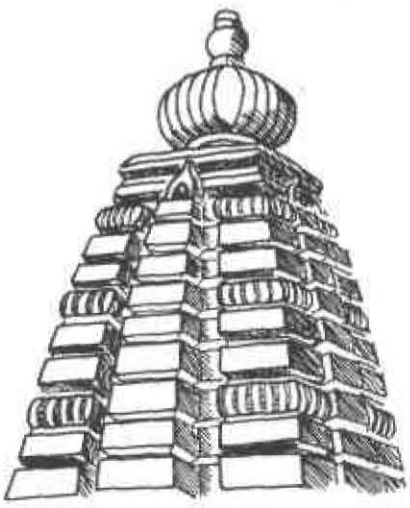
ORIGEN DEL CONO DEL TEMPLO "TODA"



CONSTRUCCION EN BAMBU
DEL "SIKHARA" PRIMITIVO



ESTRUCTURA RECUBIERTA



ESTRUCTURA TERMINADA

3.3 EL BAMBU EN LA ARQUITECTURA JAPONESA

Japón es quizás el único país en donde el bambú es utilizado en forma tan diversa, que podría decirse que no existe una actividad en la cual este material no tenga al menos una aplicación. Por ello existe la creencia entre los occidentales de que en la vivienda japonesa desde los cimientos hasta los techos son de bambú, como sucede en algunos tipos de vivienda que se construyen en otros países asiáticos y aún latinoamericanos. La realidad es que en el Japón, la estructura completa de la casa, como la mayor parte de los pisos y cielos rasos se construyen íntegramente en madera, utilizándose el bambú, sólo con propósitos muy definidos o como un elemento decorativo, ya sea dentro de la vivienda o en los jardínes que son considerados como una extensión de la misma.

Por otra parte, en los últimos años, con ayuda de la moderna tecnología se están produciendo en el Japón nuevos y maravillosos materiales de construcción obtenidos por transformación del bambú tales como: baldosas para pisos, chapas y paneles contrachapeados y otros que tienen gran aplicación en edificios de oficinas y de apartamentos, en enchapes de muros y tabiques divisorios, cielos rasos y en la fabricación de muebles.

Una información muy resumida se incluye a continuación sobre el uso del bambú tanto en la vivienda como en la fabricación de materiales de construcción.

3.3.1 ESPECIES DE BAMBU DE MAYOR USO EN CONSTRUCCION

A pesar de que en el Japón existe un gran número de especies de bambú solo unas pocas se utilizan en construcción, entre las cuales las de mayor uso son las siguientes:

1. La *Phyllostachys mitis*, conocida con el nombre vernáculo de "moso - chikú"; se emplea principalmente en elementos estructurales.
2. La *Phyllostachys bambusoides*, "ma - dake".
3. La *Phyllostachys puberula*, "ha - chiku".
4. La *Arundinaria simonii*, "me - dake".

Estas especies se venden en los mercados en atados que tienen por lo general una circunferencia constante de 1,8 "shaku" (54,5 cms.) y una longitud variable, entre 3 y 6 "shaku" (0.91 a 1,82 metros) (Un shaku = 303 mm.).

3.3.2 EMPLEO DEL BAMBU EN LA VIVIENDA.

Por muchos aspectos como son: su simplicidad, el refinamiento de su forma y de sus proporciones, como por su funcionalidad; la vivienda japonesa es considerada como el producto más perfecto de la arquitectura doméstica, y la única vivienda concebida con unidad espacial. Los paneles corredizos que a manera de membranas encierran o aislan los diversos ambientes de la vivienda, pueden removerse convirtiéndola en un solo espacio. Solo unos pocos tabiques no son móviles y en tal caso son hechos de arcilla reforzada con bambú, que por lo general se emplean como elementos de fondo o con una función limitante.

La totalidad de la estructura, como también los pisos y cielos rasos son construídos en madera. Los pisos de la zona interna de la casa se cubren con gruesas esteras hechas de paja de arroz prensada, denomi-

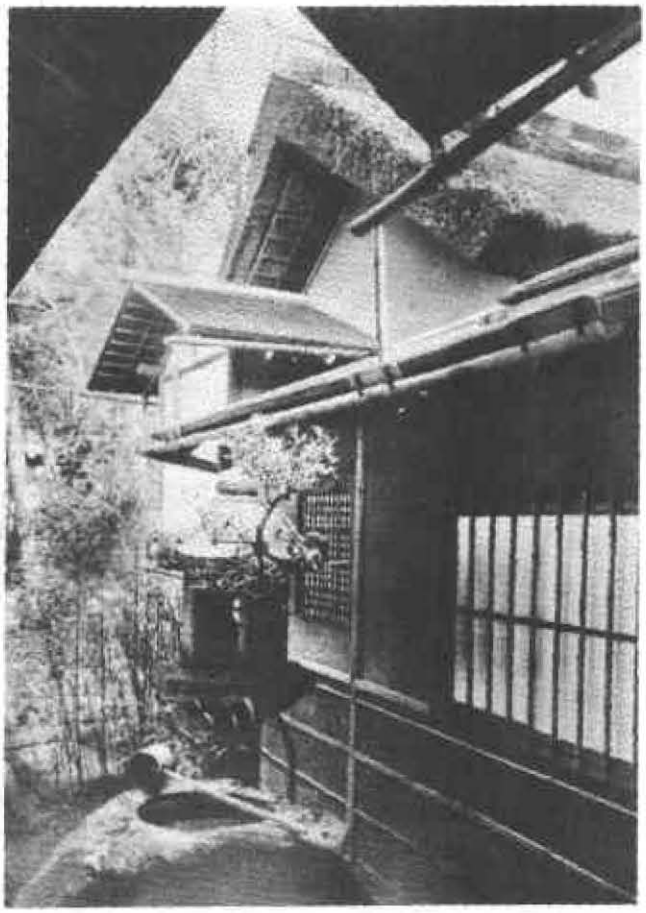
nadas "tatami" que tienen una dimensión de 0,91 x 1,82 metros y 5 cms. Esta dimensión es standard y se emplea como unidad de superficie. En base a esta medida una habitación puede tener 6, 8, 10, 12 ó 12½ tatamis. En el diseño y construcción se emplea como medida básica el "ken" que equivale a 1,82 metros. Originalmente el ken era la separación que se dejaba entre pilares, pero a partir del siglo XV se convirtió en una medida de uso general.

Como se anotó anteriormente, el bambú se emplea en la construcción de la vivienda solo con propósitos muy definidos y como un elemento decorativo.

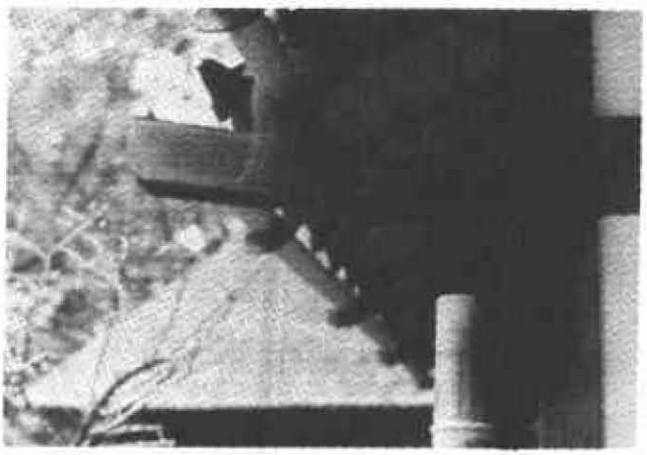
Con propósitos definidos, se emplea a la vista en canales y bajantes de aguas lluvias; como soporte interno y externo de los techos de paja a lo largo del caballete; como reja de ventanas en diversas formas; como piso, en un pequeño sector de la baranda expuesto generalmente a las lluvias; y algunas veces para cubrir una parte de la fachada.

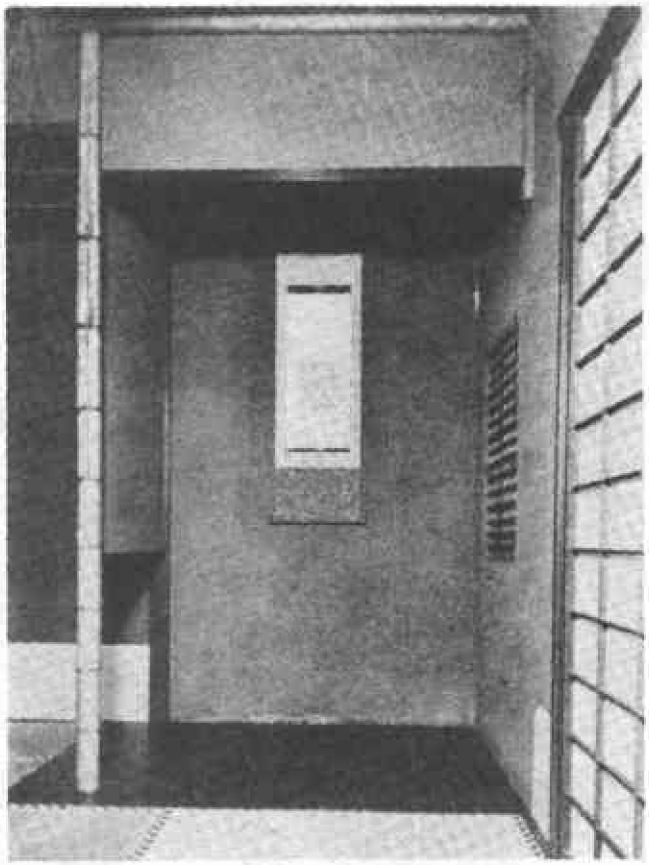
En la única forma como no se utiliza a la vista es como refuerzo interno de las paredes de arcilla que se construyen dentro de un marco formado generalmente por columnas, vigas y soleras de la estructura de madera. Algunas de estas aplicaciones se muestran en las fotografías y dibujos que se indican a continuación.

La fotografía muestra diversos aspectos de la forma como el bambú se utiliza en la vivienda con propósitos muy definidos, como en canales y bajantes de aguas lluvias, en rejas de ventanas, etc.



Las fotografías muestran las formas más comunes como la canal, se une al bajante por medio de un elemento de madera.

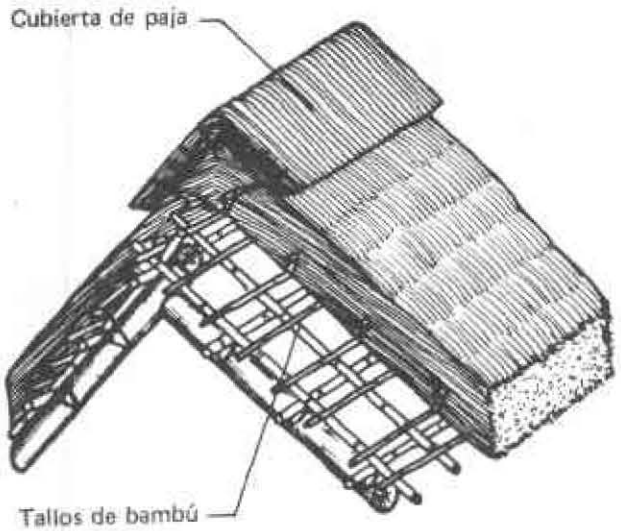




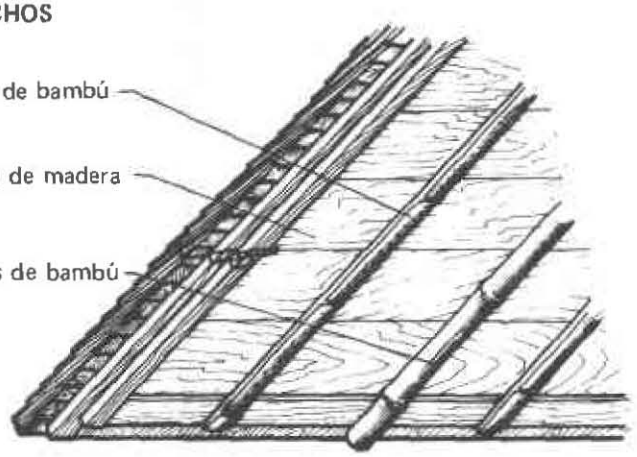
Una de las formas como el bambú se utiliza en la vivienda, en el Japón, es como poste del "tokonoma", en el cual sólo presta una función decorativa y no estructural.

Pisos de bambúes completos, se emplean en la baranda o zonas más expuestas a las lluvias.

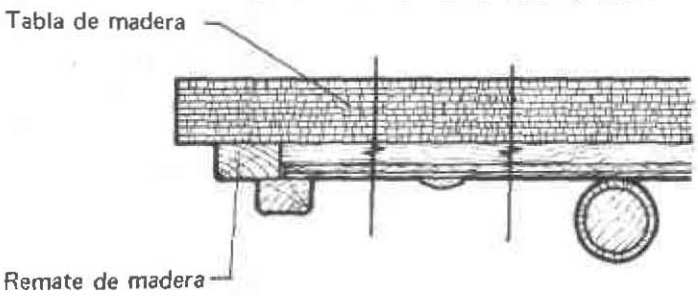
UTILIZACION DEL BAMBU EN LA CONSTRUCCION DE TECHOS



TECHO CON CUBIERTA DE PAJA

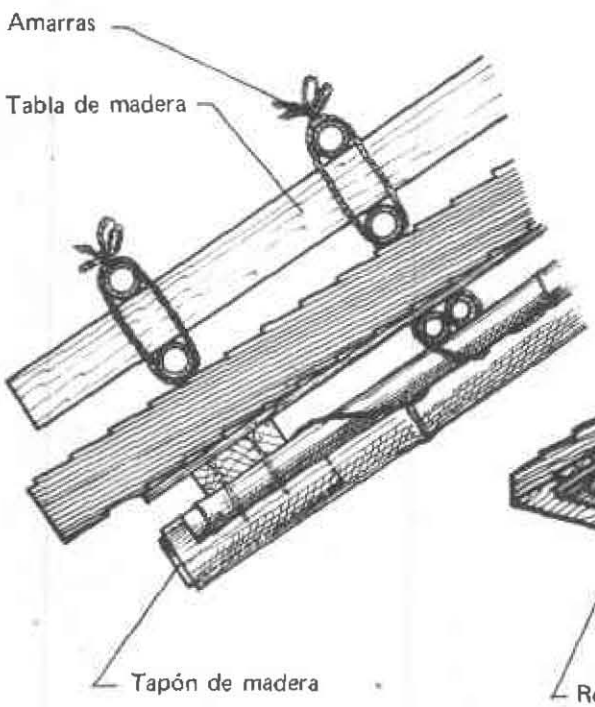


VISTA INFERIOR DEL TECHO No. 1

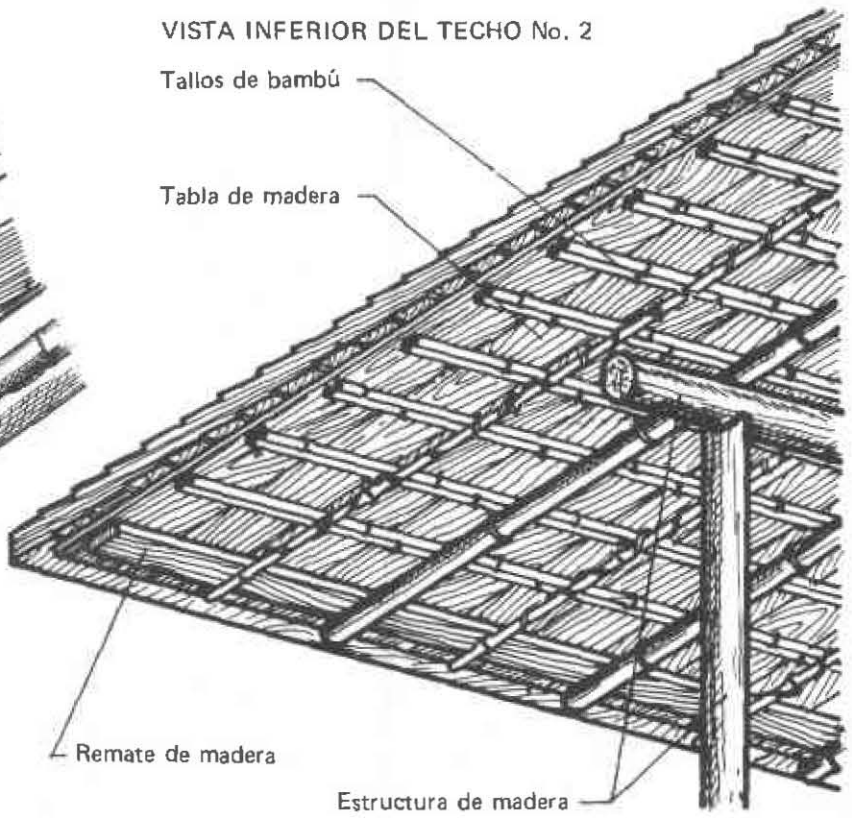


SECCION TRANSVERSAL (TECHO No. 1)

DETALLE DEL ALERO (TECHO No. 2)



VISTA INFERIOR DEL TECHO No. 2

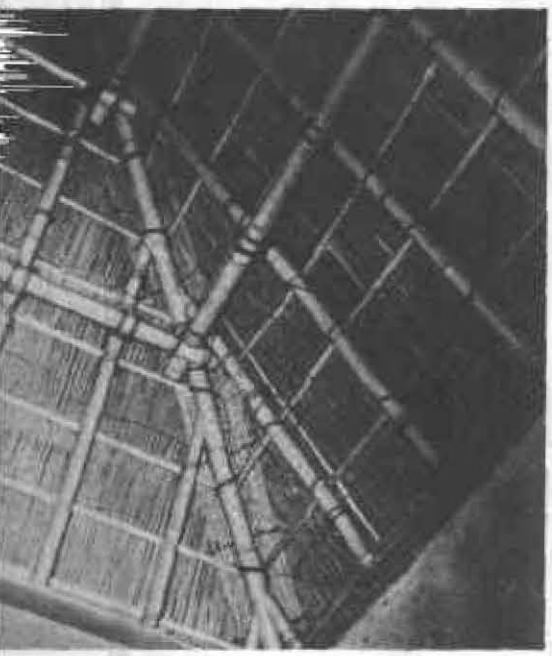


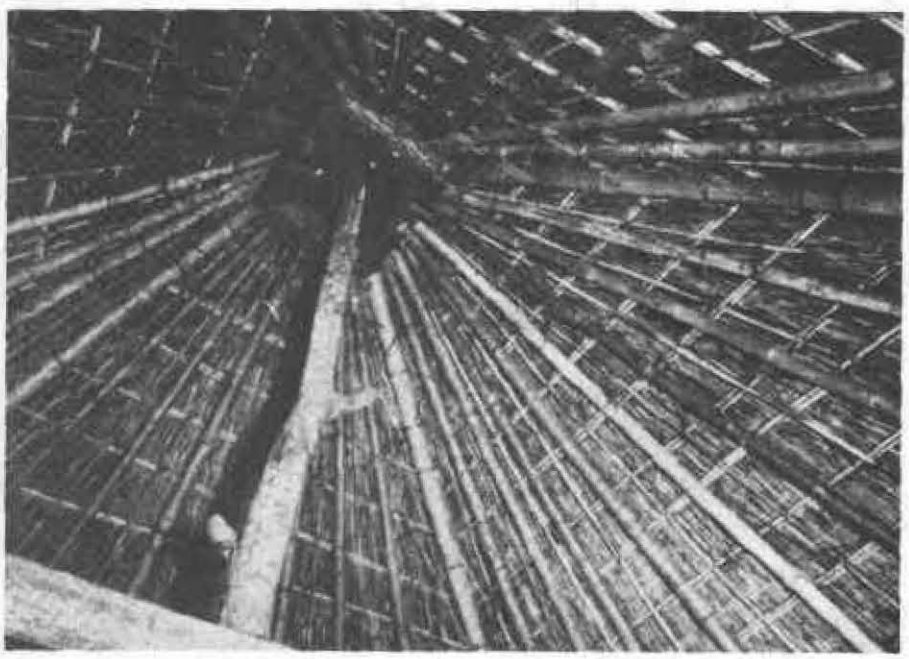
3.3.3 LA CASA DEL TE.

La casa del té es un pequeño recinto rodeado por un jardín, que se construye separado de la vivienda. En este recinto se efectúa diariamente el ritual de la ceremonia del té; ceremonia que ha tenido a través de los siglos una gran influencia en la arquitectura de la vivienda en el Japón.

La casa del té es el único tipo de construcción en el cual el bambú es utilizado por tradición como elemento estructural particularmente del techo. Algunos de estos detalles se muestran en las fotografías y dibujos.

Vista interior de diversos tipos de estructuras de techos de bambú que tradicionalmente se construyen en el Japón.





3.3.4 EL BAMBU EN LOS JARDINES JAPONESES

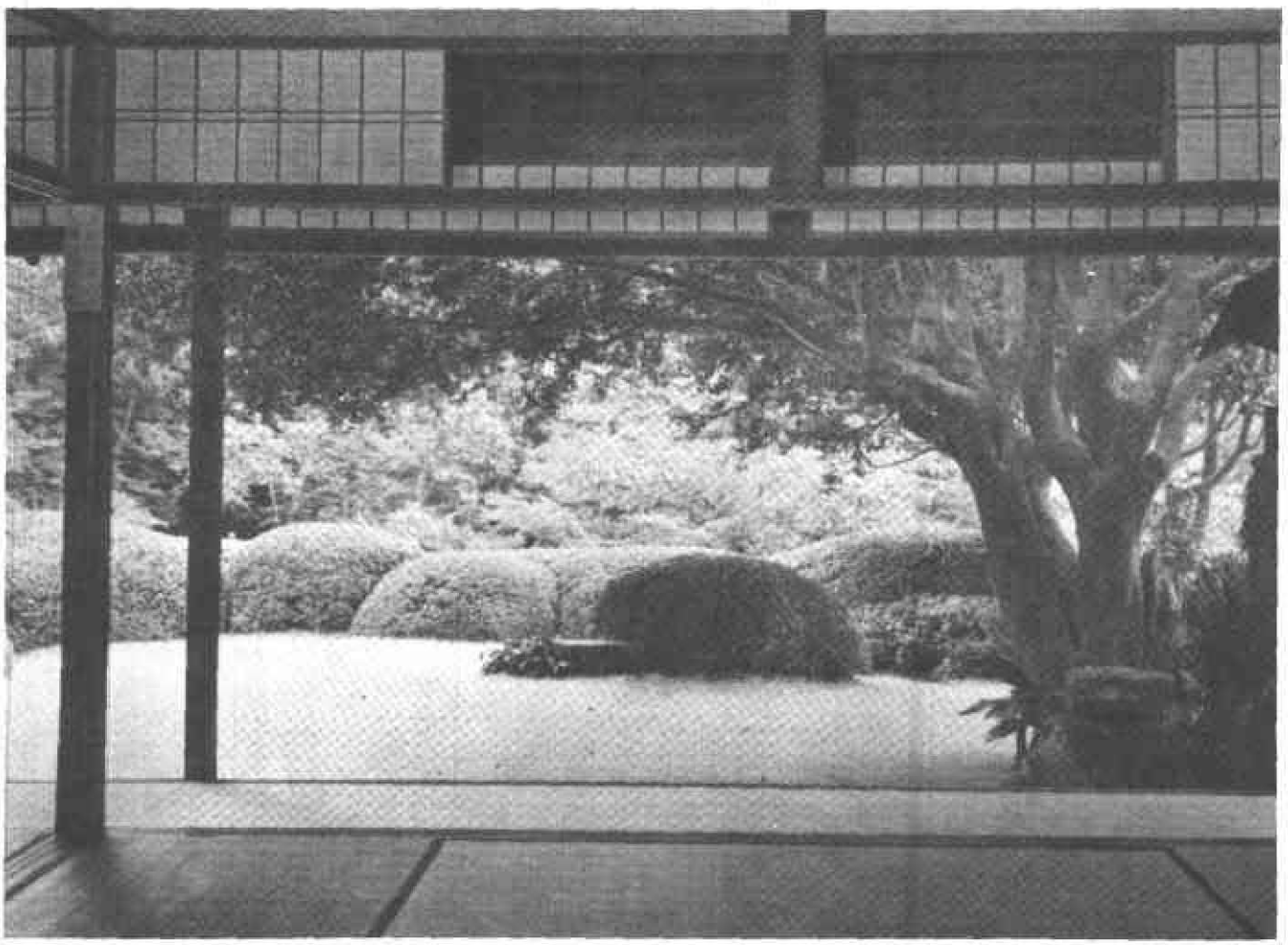
En el Japón el jardín es considerado como parte integral de la vivienda y tiene una gran influencia tanto en su diseño interno como externo. En ningún caso se hace un diseño separado de vivienda y jardín como sucede en el occidente donde una vez terminada la vivienda se construye el jardín, adaptándolo a su estructura.

La función principal del jardín es satisfacer la necesidad psicológica del hombre por la belleza y la de enriquecer su vida revelándole los misterios de la naturaleza y de la creación.

El bambú tiene una gran aplicación en los jardínes particularmente como un elemento decorativo, y como tal se emplea en la construcción de diversos tipos de cercos, en fuentes de agua, etc.

Los cercos se construyen tradicionalmente en diferentes formas según su función. Existen tres tipos de cercos: el cerco pequeño el cerco interno y el cerco externo.

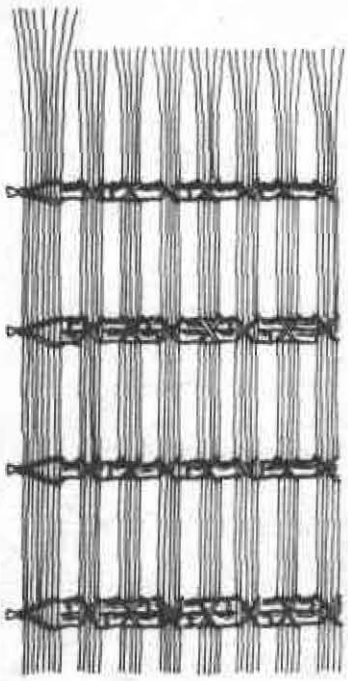
La fotografía muestra la forma como en el Japón, el jardín se integra a la vivienda, como si fuera una prolongación de la misma. Nótese la estructura de la casa construida integramente de madera, y la forma como enmarca el paisaje. El piso interior compuesto por gruesas esteras de "tatami" se confunde con la arena blanca del jardín.

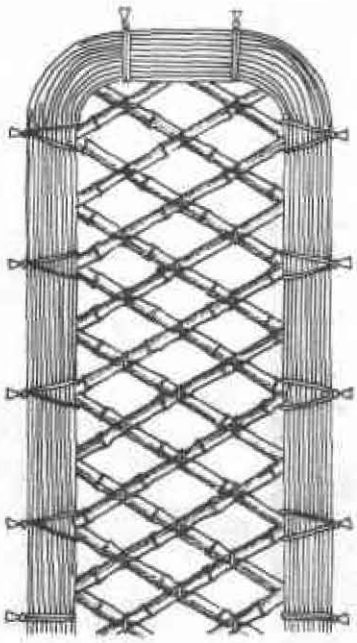


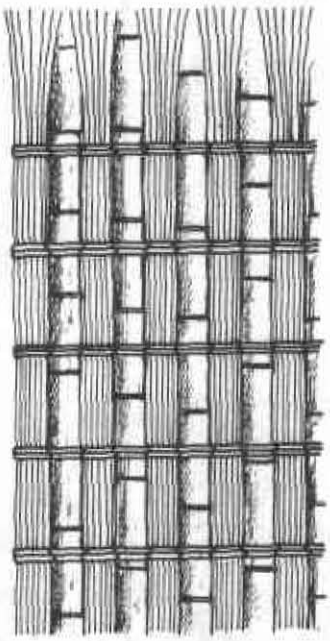
3.3.4.1 El Cerco Pequeño.

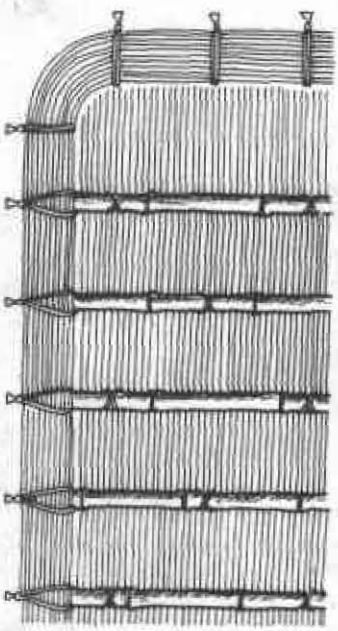
El cerco pequeño (Sodegaki) es característico de los Jardines Japoneses. Tiene gran importancia artística cuando se coloca como pared de fondo de la pila de agua, como límite de una pequeña área del jardín, o como punto de transición entre la casa y el jardín. Con un fin práctico se emplea como mampara cuando se desea cerrar la vista de algunas zonas de la vivienda desde el jardín.

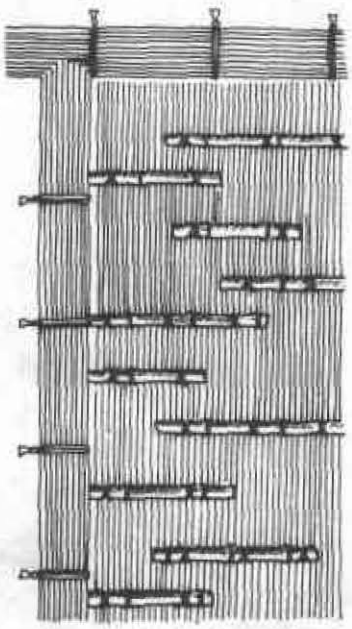
Por lo general tiene un ancho de 90 cms., y una altura no mayor de 1.50 mts. En su construcción se emplean gran variedad de diseños tradicionales que se indican a continuación, en los cuales el bambú se combina con otros materiales como paja, junquillo y otros similares.

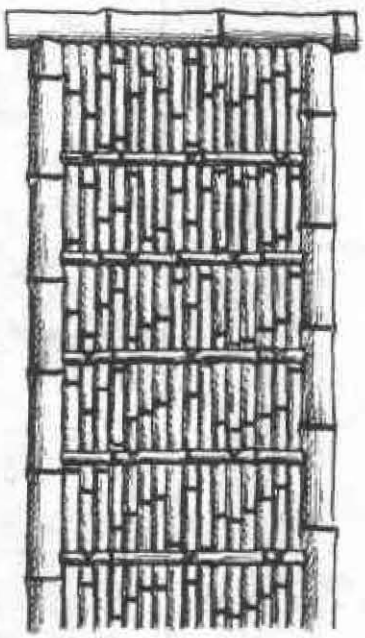




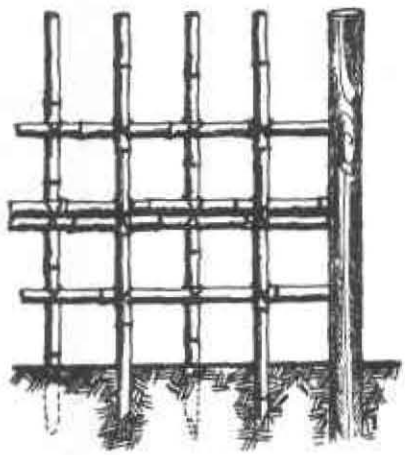






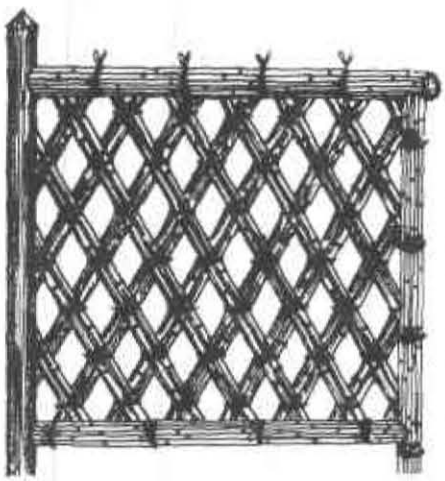


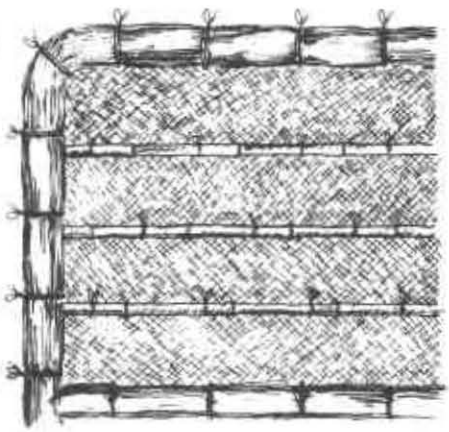
3.3.4.2 El Cerco Interno

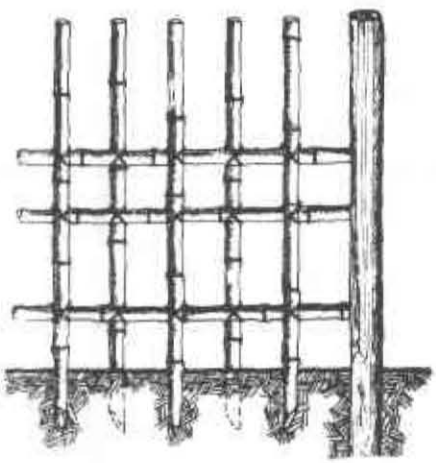


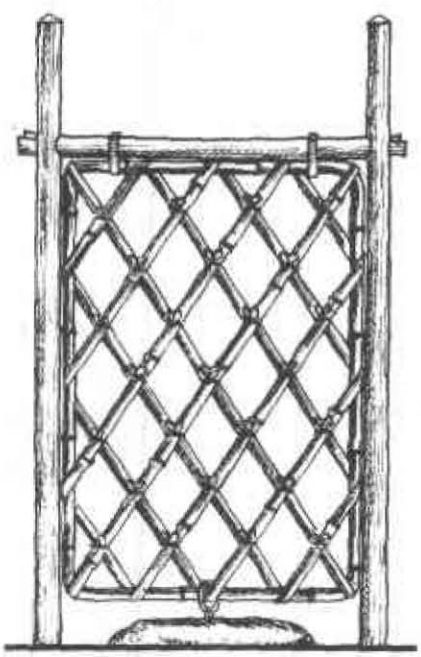
Este tipo de cerco como el anterior, tiene una gran importancia en el diseño de los jardines. Su función principal es aislar el jardín de la Casa del Té. El cerco interno tradicionalmente es muy transparente. En su construcción se emplea bambú en forma muy simple y por lo general colocado en forma irregular y dispareja, dando la impresión de un trabajo mal hecho, sin embargo, se hace premeditadamente en esta forma, basándose en uno de los principios establecidos en la ceremonia del té, que es encontrar la belleza en la imperfección.

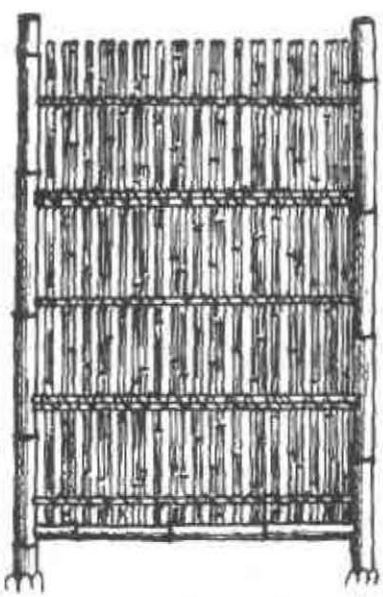
Las puertas del cerco se construyen siguiendo la forma de éste y no tienen la cubierta o techo de protección que por lo general se construye sobre las puertas colocadas en el cerco externo. Algunos de los diseños más empleados se indican a continuación.

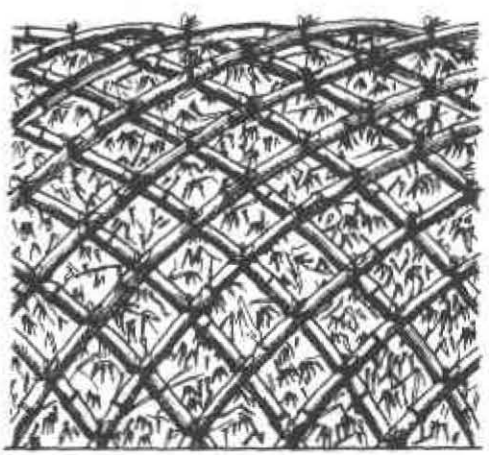


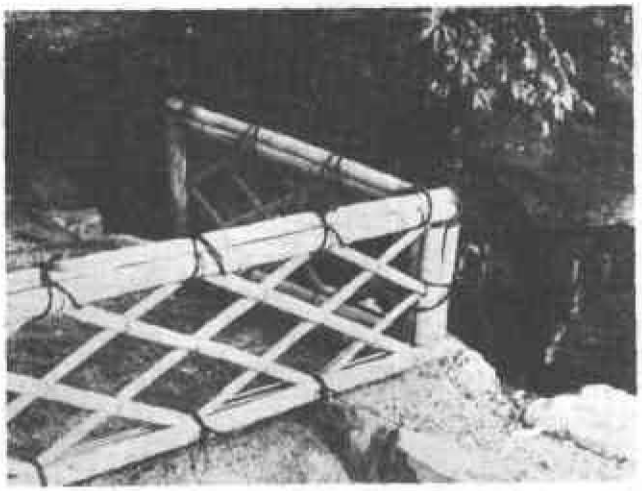


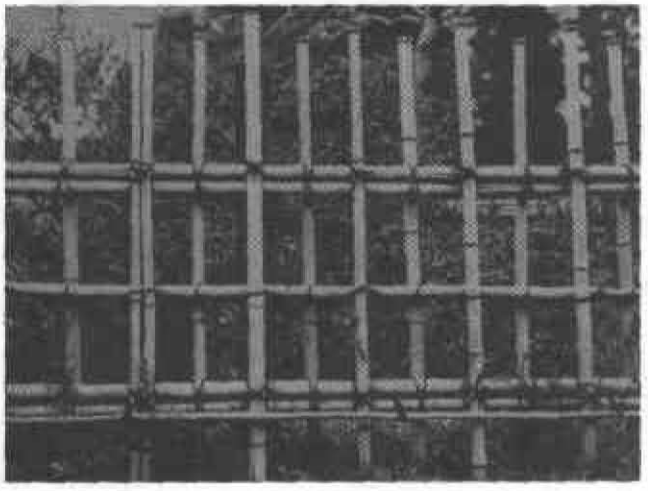


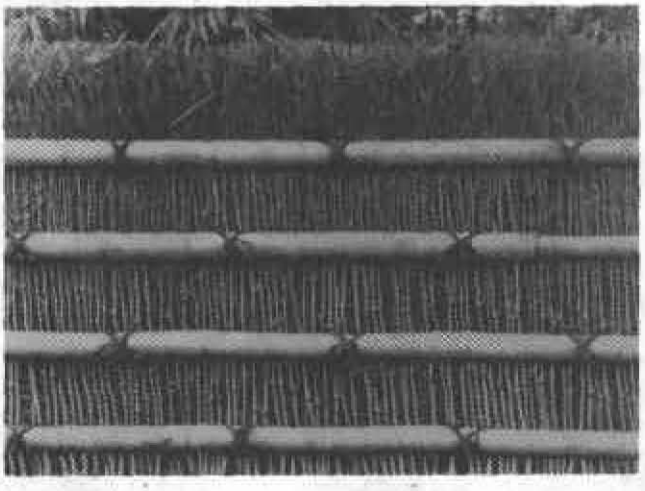


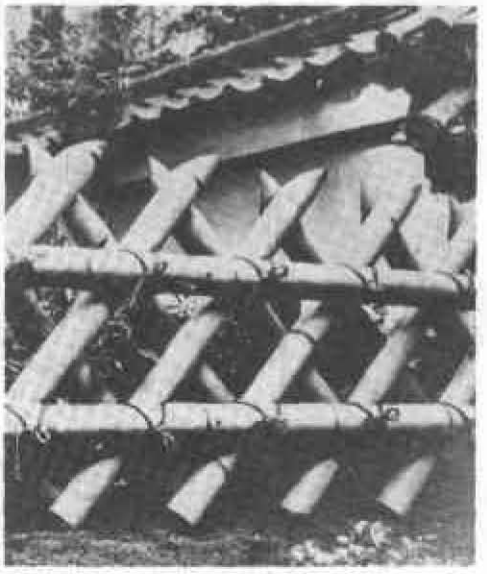












Las fotografías muestran diversos tipos de cercos "internos" y "externos" que tradicionalmente se construyen en el Japón, ya sea para limitar ciertas zonas internas del jardín o la periferia del mismo.

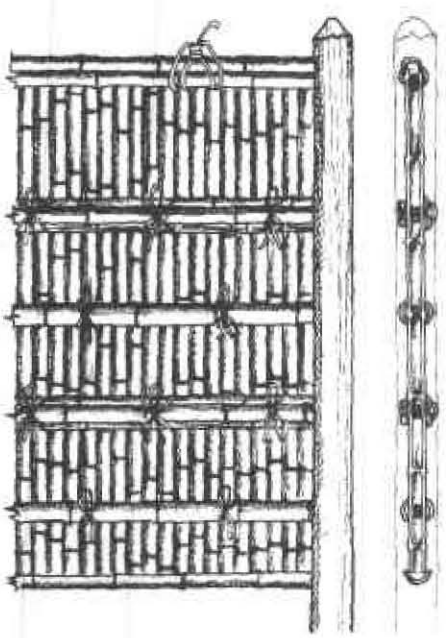
3.3.4.3 El Cerco Externo.

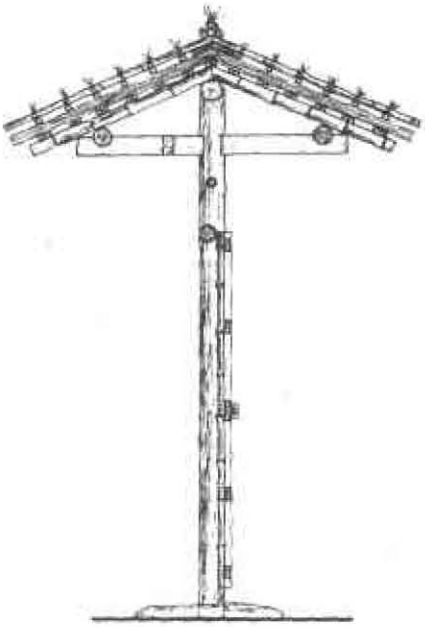
Por lo general la vivienda se localiza en el centro del jardín, hacia el cual se abren sus diferentes zonas. Ello hace necesario que para lograr privacidad, el cerco que rodea la propiedad sea muy alto y cerrado en tal forma que impida la vista de la casa desde la parte externa.

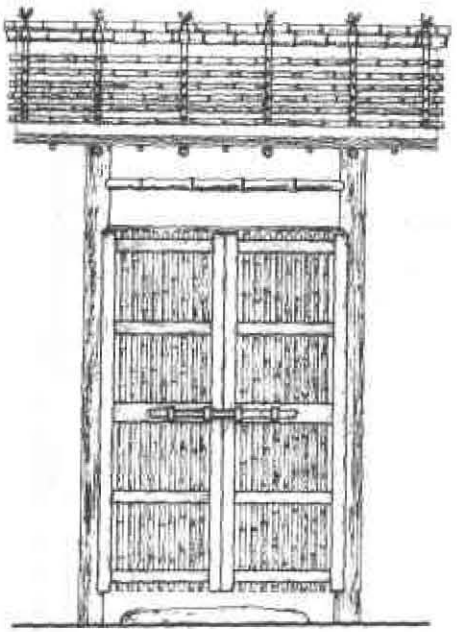
La construcción del cerco externo se basa en diseños clásicos tradicionales, algunos de los cuales se muestran en los dibujos.

La puerta de la entrada principal, localizada en este cerco, se construye en madera y bambú de acuerdo a diseños también tradicionales. Como protección lleva un techo angosto, en la forma como se muestra en el dibujo.

ENTRADA PRINCIPAL

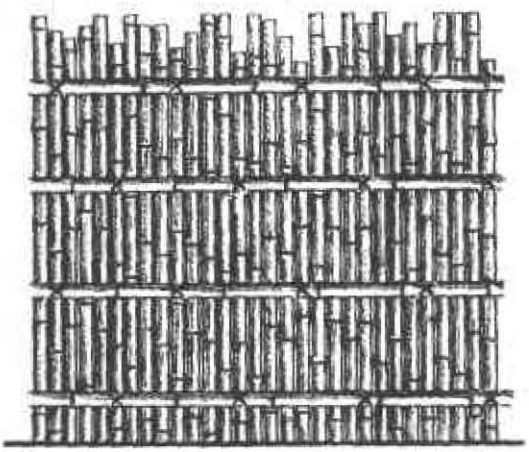


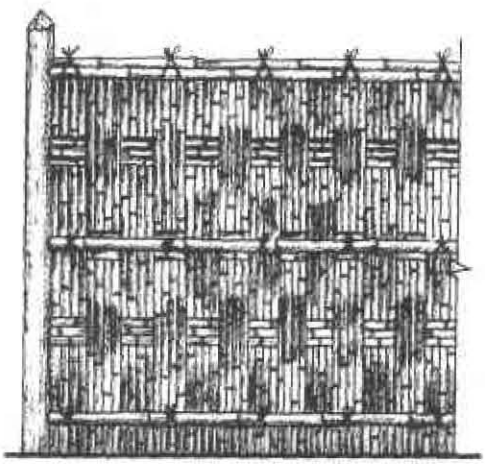




SECCION TRANSVERSAL

ALZADA



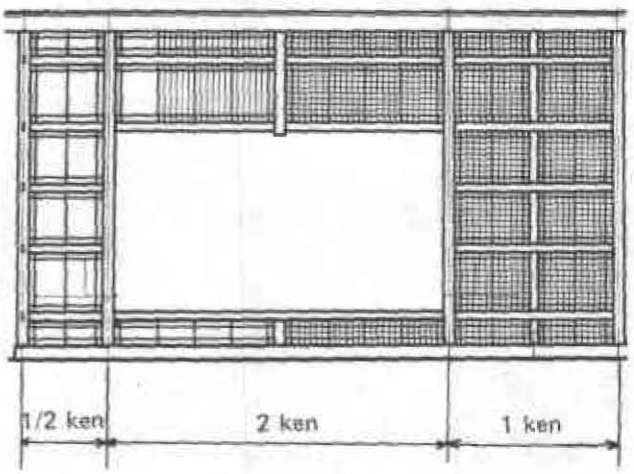


3.3.5 LA PARED DE ARCILLA REFORZADA CON BAMBU.

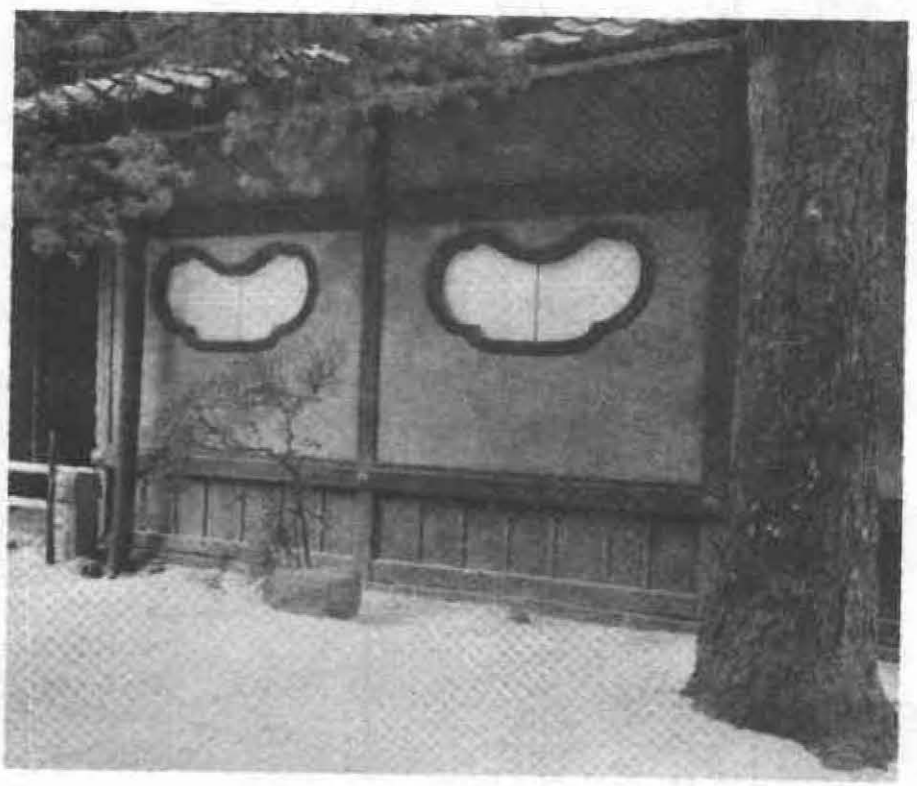
Aún en los países en desarrollo, donde se han implantado las modernas técnicas de construcción, el cemento y los materiales sintéticos han ido reemplazando poco a poco la arcilla como material de recubrimiento de las paredes, hasta el punto de que hoy sólo es utilizada en construcciones rurales aisladas o en las viviendas de gentes de muy bajos recursos. Sin embargo, siendo el Japón el país más industrializado del Asia y de adoptar las más modernas técnicas de construcción, los japoneses continúan empleando la tradicional pared de arcilla, no sólo en sus viviendas, sino en los modernos edificios de acero y concreto donde también se construyen empleando los mismos materiales y técnicas de construcción que se utilizaron para construir las refinadas viviendas de la Edad Media Japonesa. La razón para continuar con esta tradición es el colorido y belleza de su textura y por otra parte su bajo costo y estabilidad a los cambios climáticos, a pesar de no ser muy resistente al impacto y al desgaste.

3.3.5.1 Sistemas de Construcción

Como se anotó anteriormente la pared de arcilla se construye por lo general, dentro de un marco formado por elementos de madera que hacen parte de la estructura de la vivienda, tales como vigas, soleras, columnas o parales; a los cuales se asegura como refuerzo, una parrilla formada por tallos delgados o varillas de bambú. Para darle mayor rigidez a la parrilla, ésta se asegura a una serie de travesaños de madera que se distribuyen dentro del vano, ya sea horizontal y/o verticalmente. Una vez hecho lo anterior, se aplican a lado y lado, de la misma de 3 a 5 capas de arcilla, especialmente preparada.



Estructura de la pared de arcilla en la cual se indican las medidas más usuales.

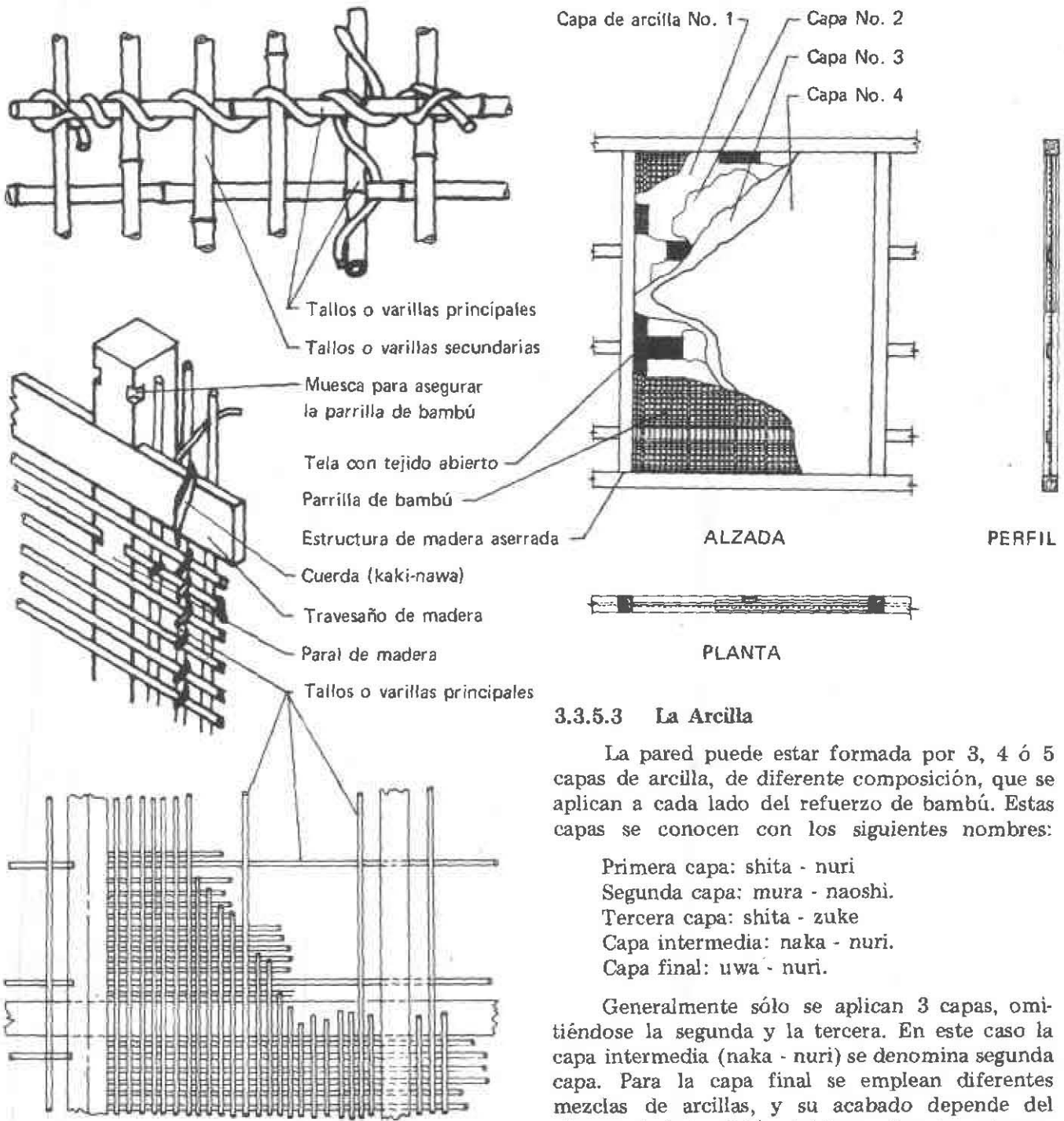


Como se muestra en la fotografía, la pared de arcilla se construye dentro de marcos de madera formados por elementos estructurales de la vivienda.

3.3.5.2 El Refuerzo de Bambú

La parrilla de bambú está formada por tallos delgados de 8 a 13 mm. de diámetro y/o por varillas de igual dimensión obtenidas de rajar longitudinalmente tallos de mayor diámetro. Estos tallos o varillas se dividen en principales y secundarios. Los principales se colocan con una separación de 30 cms., en sentido horizontal y vertical, y sus extremos se aseguran a los miembros estructurales de madera que forman el marco y a los travesaños, por medio de puntillas o de cajas o muescas que se hacen en los mismos. Los secundarios se colocan dentro de los principales con una separación de 2,5 a 4 cms., y se amarran a éstos por medio de una cuerda (kaki - nawa) hecha de paja, que tiene un diámetro promedio de 5 mm.

DETALLES 3.3.5–A CONSTRUCCION DE LA PARED JAPONESA.



3.3.5.3 La Arcilla

La pared puede estar formada por 3, 4 ó 5 capas de arcilla, de diferente composición, que se aplican a cada lado del refuerzo de bambú. Estas capas se conocen con los siguientes nombres:

Primera capa: shita - nuri
Segunda capa: mura - naoshi.
Tercera capa: shita - zuke
Capa intermedia: naka - nuri.
Capa final: uwa - nuri.

Generalmente sólo se aplican 3 capas, omitiéndose la segunda y la tercera. En este caso la capa intermedia (naka - nuri) se denomina segunda capa. Para la capa final se emplean diferentes mezclas de arcillas, y su acabado depende del clima y de la tradición del lugar. Para las primeras

capas se emplea arcilla de diferente color y consistencia, mezcladas según el caso con otros productos como son: fibras, colas, cal, arena que imparten a la arcilla ciertas propiedades.

Las fibras se emplean para prevenir las fisuras o agrietamientos que se presentan en la arcilla, por la contracción que se produce al secarse. Las de uso más común son:

1. Fibras de cáñamo deshilachadas, de 1.5 cms. de longitud (asa - susa).
2. Fibras de cuerda de manila deshilachada, de 2.5 a 5 cms. de longitud. (shirake - susa).
3. Fibras de Yute cortadas y deshilachadas (shoseki - susa).
4. Crin de caballo (ke - susa) o de otros animales, que no tiene mucho uso en el Japón.
5. Papel japonés cortado (kami - susa).
6. Paja picada (wara - susa) de la cual existen varias clases como son:
   a. Paja de 2.5 a 10 cms. de longitud, (ara - susa), utilizada para la primera capa.
   b. Paja obtenida de desperdicios de esteras y cuerdas, cortadas en longitudes de 2.5 a 5 cms. (nakanuri - susa), generalmente no es tan dura como la anterior; se mezcla con la segunda capa.
   c. Paja de artículos usados, cortada en longitudes de 2.5 a 5 cms. deshilachada, (momi - susa) se mezcla con la segunda capa.

d. d. Paja fina (nakanuri - susa), cortada en longitudes de 2.5 a 3 mm., se mezcla con la capa final.

Las colas, dan al repello plasticidad haciéndolo fácilmente aplicable. Por otra parte como agente aglutinante le dan dureza. En la preparación de las colas tradicionalmente se emplean algas marinas y últimamente se están utilizando productos sintéticos. Cuando se emplean algas marinas, se dejan secar primero y luego se cocinan en agua. El líquido obtenido de esta cocción se mezcla con la arcilla. Las algas más empleadas corresponden a los siguientes géneros y especies.

Gigartinaceae: Chondrus stack; Chondrus elatus Holmes; *Chondrus ocellata* Holmes; *Iridophycus* J. Ag.; *Iridophycus cornucopiae* (Postet. Rupr.) Stech y Gardner; *Rhodoglossum* J. Ag.; *Rhodoglossum pulchra* (Kütz). Stech y Gard.

Endocladiaceae: Gloiopeltis J. Ag.; *Gloiopeltis complanata* (Harv.) Yamada; *Gloiopeltis furcata* Post. et Rupr.; *Gloiopeltis tenax* (Turn) J. Ag. En lugar de las algas se emplean: ácido algínico, caseína, almidón soluble, emulsión de acetato de vinilo, y otros.

a. Aplicación de la Arcilla

Para una pared de 3 capas de repello de arcilla, la preparación y aplicación de éstas se hace en la siguiente forma:

Primera Capa. Para la primera capa se emplea una mezcla de arcilla y arena fina, que debe pasar por un tamiz de 9 a 18 mm. A esta mezcla se adiciona como fibra un porcentaje de paja picada de 3 a 9 cms. de longitud (wara - susa) según las proporciones siguientes, cuando no se usan colas.

Arcilla		Arena	Fibra
1	:	5	0 - 1 %
1	:	4	1 - 3 %
1	:	3	Más del 3 %

La proporción más recomendable para una mezcla de arcilla, arena y fibra es:
100 : 300 : 3.

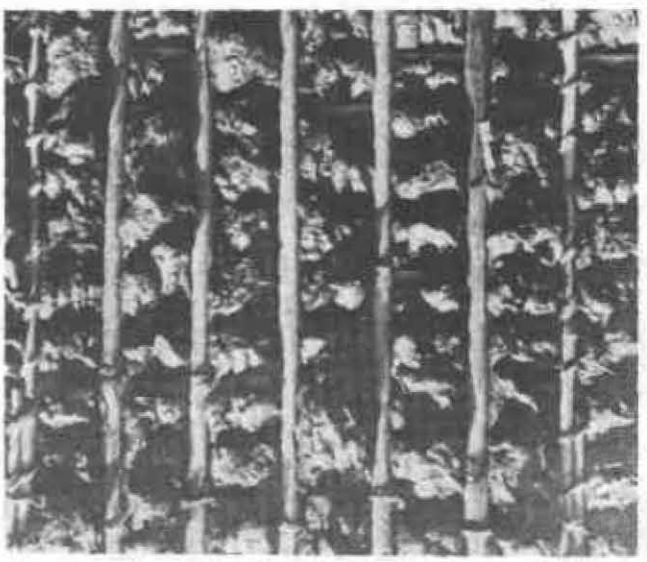
Si se emplean colas deben utilizarse las siguientes proporciones:

Arcilla		Arena	Fibra
1	:	6	0 - 1 %
1	:	5	1 - 2 %
1	:	4	2 - 4 %

La proporción más recomendada para ese caso, de arcilla, arena y fibra es:
100 : 400 : 3.

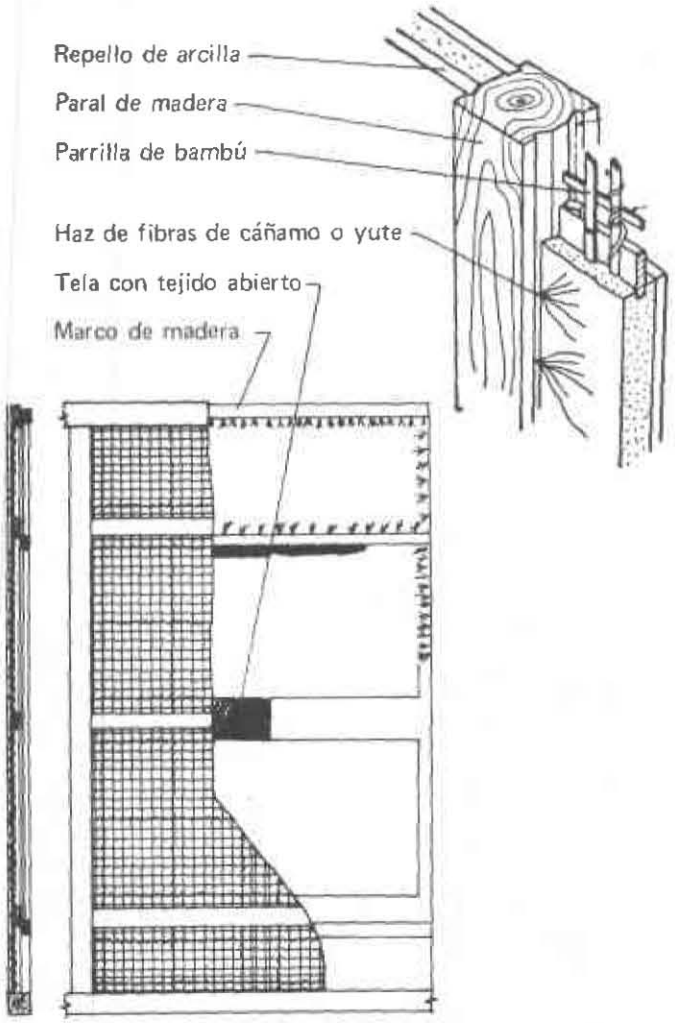
La aplicación de la primera capa se hace de un lado de la pared, con ayuda de otra persona colocada en el lado opuesto que sostiene la mezcla que se empuja, alisándola al mismo tiempo. Esta capa debe dejarse secar de 2 a 4 semanas.

Aplicación de la primera capa de arcilla desde el lado opuesto al indicado en la fotografía. Nótese el refuerzo de bambú.



En trabajos de alta calidad deben tomarse ciertas medidas para evitar que aparezcan luces o separaciones entre el marco formado por los miembros verticales y horizontales de madera y la pared de arcilla, debido a la contracción que se presenta en ésta al secarse. Para evitar este problema en lo posible, se clavan en el marco de madera fibras de cáñamo en haces de 5 cms, de longitud con puntillas de media pulgada, que se cubren con la segunda capa, en el momento de aplicarse ésta. En su lugar puede colocarse también una faja de tejido abierto de cáñamo conocido con el nombre de "noren" de 5 cms., de ancho, con la cual también se cubren los travesaños anchos o miembros de madera, intermedios, con el fin de que la arcilla tenga algún agarre al recubrirlos.

Segunda Capa. Para la segunda capa se utiliza una mezcla más fina que la empleada para la primera capa. Debe pasar por un tamiz de 3 a 6 mm., y luego revolverse con paja blanda de fibra de celulosa con longitudes entre 18 y 21 mm. (mo-



DETALLES 3.3.5.–B PREVENCION DE DILATACIONES

mi - susa). La proporción de arcilla, arena y fibra, que se utiliza en esta capa es igual a la indicada para la primera capa.

Capa Final. Para la capa final se emplean varios tipos de morteros, que se conocen con los siguientes nombres:

1. El "tsuchi - kabe" compuesto de arcilla coloreada, arena y cola.
2. El "ootsu - kabe", con arcilla coloreada, arena fina y cal.
3. El "shikkui - kabe" compuesto de cal y agua.
4. El "suna - kabe" que consiste en arena coloreada y cola.

Según Engel (34) existen alrededor de 50 clases de morteros de arcilla que se emplean como capa final, ya sea en muros interiores o exteriores de los cuales los de mayor uso se preparan en las siguientes proporciones:

1. Arcilla de barro coloreada.		
Polvo de concha de mar	80 - 100	litros
Arcilla de río	40 - 50	litros
Celulosa de cualquier tipo para evitar el agrietamiento. (Susa)	18	litros
2. Arcilla amarilla.		
Arcilla café amarillenta	28	litros
Polvo de conchas de mar	100 - 150	litros
Celulosa (Susa)	18	litros
3. Arcilla café clara para la capa final		
Arcilla café amarillenta	16	litros
Polvo de conchas de mar	100 - 150	litros
Arcilla de río	20	litros
Celulosa	18	litros
4. Repello ordinario		
Cal	55	litros
Polvo de conchas	130	litros
Goma de algas marinas	3.5	Kgrs.
Celulosa de cáñamo (hamasusa)	2.6	Kgrs.
5. Repello blanco.		
Cal	22	litros
Goma de alga marina	0.23	Kgrs.
Celulosa de cáñamo (hamasusa)	11.1	Kgrs.
6. Repello color huevo		
Arcilla café amarillenta	0.6	Kgrs.
Cal	36	litros
Polvo de conchas de mar.	150	litros
Algas marinas	3	Kgrs.
7. Terminado en arena fina.		
Arena coloreada	45	litros
Alga marina	0.6	Kgrs.

Bambú deformado artificialmente por medio de formaletas de madera.

3.3.6 DEFORMACION ARTIFICIAL DEL BAMBU – BAMBU DE SECCION RECTANGULAR

Existen bambúes que se caracterizan por tener sus entrenudos en forma aplanada, tendencia que es muy marcada en la *Phyllostachys quadrangularis* llamado comunmente "bambú cuadrado de China". Por ello, la primera vez que el autor tuvo la oportunidad de ver en el Japón un florero formado por un bambú de sección rectangular, preguntó a uno de los técnicos que lo acompañaban si este correspondía a un tallo de la especie arriba anotada. La sorpresa del autor fue mayúscula al enterarse de que no correspondía a esta especie, sino que su forma rectangular se había logrado por medios artificiales, utilizando para tal fin una formaleta de sección rectangular dentro de la cual se hacía crecer un bambú que normalmente tiene forma circular. Sin duda alguna, esta ha sido una de las aplicaciones del bambú, si así puede llamarse, que mayor impacto ha producido al autor, ya que ello no se ha logrado hasta ahora en ninguna otra planta.

Por lo general los bambúes de sección rectangular, se utilizan como elementos decorativos en vasos para flores, bases de lámparas, y en la construcción de tabiques que se hacen colocando un bambú a continuación de otro dejando algunas veces pequeños espacios intermedios.

3.3.6.1 · Procedimiento.

Durante la etapa de crecimiento un tallo de bambú puede ser deformado longitudinalmente y/o en su sección transversal, empleando con tal fin una formaleta de madera cuyos lados internos sean equivalentes a la longitud de la circunferencia del tallo. La formaleta se introduce en el cogollo, y éste continúa su crecimiento dentro de la misma, tomando la forma de ésta. Al salir por su extremo superior algunos días después, volverá a tomar su forma normal o sea la circular, hasta completar el crecimiento o altura propio de su especie.

Si la formaleta utilizada es de forma irregular longitudinalmente, el bambú se desarrolla en igual forma siempre y cuando los ángulos de desviación no sean demasiado agudos. El procedimiento a seguir para la preparación y aplicación de las formaletas es el siguiente:

Como se explica en la sección de Cultivo: el tallo de bambú desde el momento que brota del suelo lo hace con el diámetro máximo que va a tener durante su vida; es decir, éste no aumentará y por el contrario disminuirá proporcionalmente a su altura. En bambúes de tallos grandes la variación del diámetro es muy poca en los primeros 4 ó 5 metros y por ello la longitud de las formaletas que se emplean en estos casos pueden variar entre uno y 5 metros, según la especie; o sea que en bambúes de menor altura y diámetro la longitud de las formaletas debe ser menor. Por ello es conveniente tener una idea muy aproximada de la altura máxima que tendrá el cogollo que se va a formaletear una vez termine su crecimiento. Con este fin véase en la sección de Cultivo, Altura del Tallo.

Una vez que el cogollo tenga una altura de 40 a 50 cms., se mide su longitud de circunferencia en la parte inferior del cono. Esta longitud debe ser equivalente a la suma de los lados internos que va a tener la formaleta en su extremo inferior, ya sea que se quiera dar forma rectangular, cuadrada, o exagonal al bambú.

Preparación de las formaletas de madera empleadas en la deformación transversal y longitudinal del bambú.

En el caso de que se le quiera dar una sección rectangular o cuadrada, la formaleta debe estar constituída por 4 tablas de madera seca, cepillada, de buena calidad que se clavan por pares formando una "L". En ningún caso deben clavarse las cuatro tablas al tiempo para formar el tubo.

Para formar el tubo de la formaleta, se unen los ángulos de madera amarrándolos con sogas o cuerdas resistentes, con nudos no corredizos, en la forma como se indica en las fotografías, ello permite que el bambú pueda ajustarse haciendo ceder un poco la soga. Si se clava toda la formaleta el bambú puede rajarla.

Si la dimensión total de los lados internos de la formaleta, por error resulta menor que la longitud de la circunferencia del bambú, éste puede destruir la formaleta si no es lo suficientemente resistente. En caso contrario, el bambú se deforma dentro de la formaleta, doblándose una de las paredes laterales hacia adentro, dando como resultado un bambú deformado similar a una canal.

Una vez lista la formaleta su extremo inferior, se introduce en el cogollo presionándolo ligeramente después de lo cual se asegura verticalmente por medio de tensores o vientos amarrados de los bambúes vecinos o de estacas clavadas en el suelo.

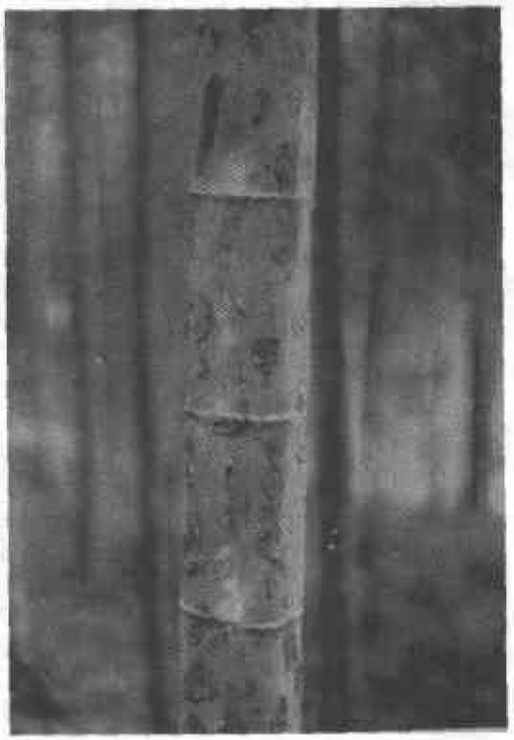
La formaleta debe permanecer en el bambú hasta después de que éste haya salido por su extremo superior. Algunos acostumbran a quitarla sólo cuando el bambú ha alcanzado su máximo crecimiento o sea entre 30 y 90 días después. El bambú no debe cortarse hasta los 2 ó 3 años después, cuando haya alcanzado su resistencia apropiada y sea menos propenso al ataque de los insectos.

Los fracasos que el autor tuvo en un principio en la obtención de bambúes de sección rectangular, se debieron al empleo de madera de mala calidad, que se rajó por la humedad y los cambios de temperatura; y a las puntillas y amarres que algunas veces se dejaron muy separados. Subsanados estos problemas se obtuvo una magnífica muestra.

En el Japón se acostumbra decorar los tallos, una vez que se les quita la formaleta, aplicándoles en la superficie manchas separadas de arcilla húmeda que contiene un 60% de ácido clorhídrico o sulfúrico. La arcilla se aplica con una brocha dejándose luego secar. El ácido sulfúrico produce en el tallo una mancha negra y el clorhídrico, amarilla.

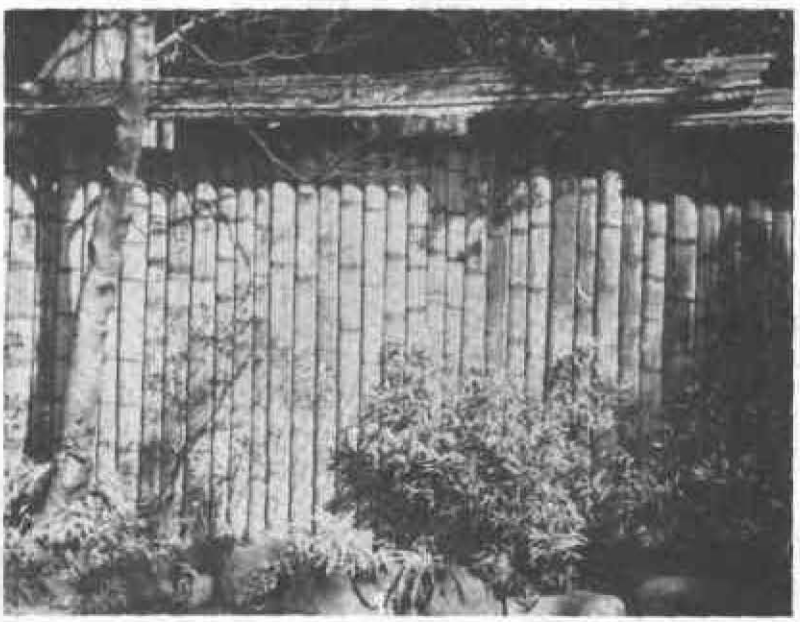
Una vez lista la formaleta y amarrada con cuerdas, se coloca sobre el cogollo o brote en la forma como se indica en la fotografía.

Después de colocada la formaleta sobre el cogollo, se amarra en su parte inferior como se muestra en la fotografía, y se fija verticalmente amarrando la formaleta de otros bambúes o con templetes asegurados al piso.



Las fotografías de la izquierda muestran el momento en que se quita la formaleta de madera después de que el tallo ha alcanzado su máximo desarrollo. Sus brácteas se desprenden, y posteriormente el tallo se decora, aplicándole arcilla húmeda, mezclada con ácido sulfúrico o clorhídrico como se observa en la fotografía superior. Una vez seca la arcilla se desprende, quedando el tallo con manchas oscuras.

En la fotografía inferior se muestra un cerco formado con tallos de sección rectangular, que es una de las muchas aplicaciones decorativas que se les da.



3.3.7 MATERIALES DE CONSTRUCCION OBTENIDOS DEL BAMBU

En los últimos años con ayuda de la moderna tecnología, se han obtenido en el Japón nuevas aplicaciones del bambú en la elaboración de diversos y extraordinarios materiales de construcción, obtenidos en su mayoría por transformación del bambú. Entre ellos los más sobresalientes son: celosías decorativas, baldosas para pisos, chapas y paneles contrachapeadas, y láminas decorativas, baldosas tejidas de bambú que en general tienen gran aplicación en los diferentes campos de la construcción. A continuación se ilustran e indican resumidamente los sistemas de fabricación de estos materiales.

3.3.7.1 Celosías Decorativas.

En las fotografías se ilustran algunos tipos de baldosas de celosia que comúnmente se fabrican en el Japón, con las cuales se pueden construir grandes paneles de diferente diseño y tamaño, ya sea combinándolas o utilizando un mismo tipo de baldosa

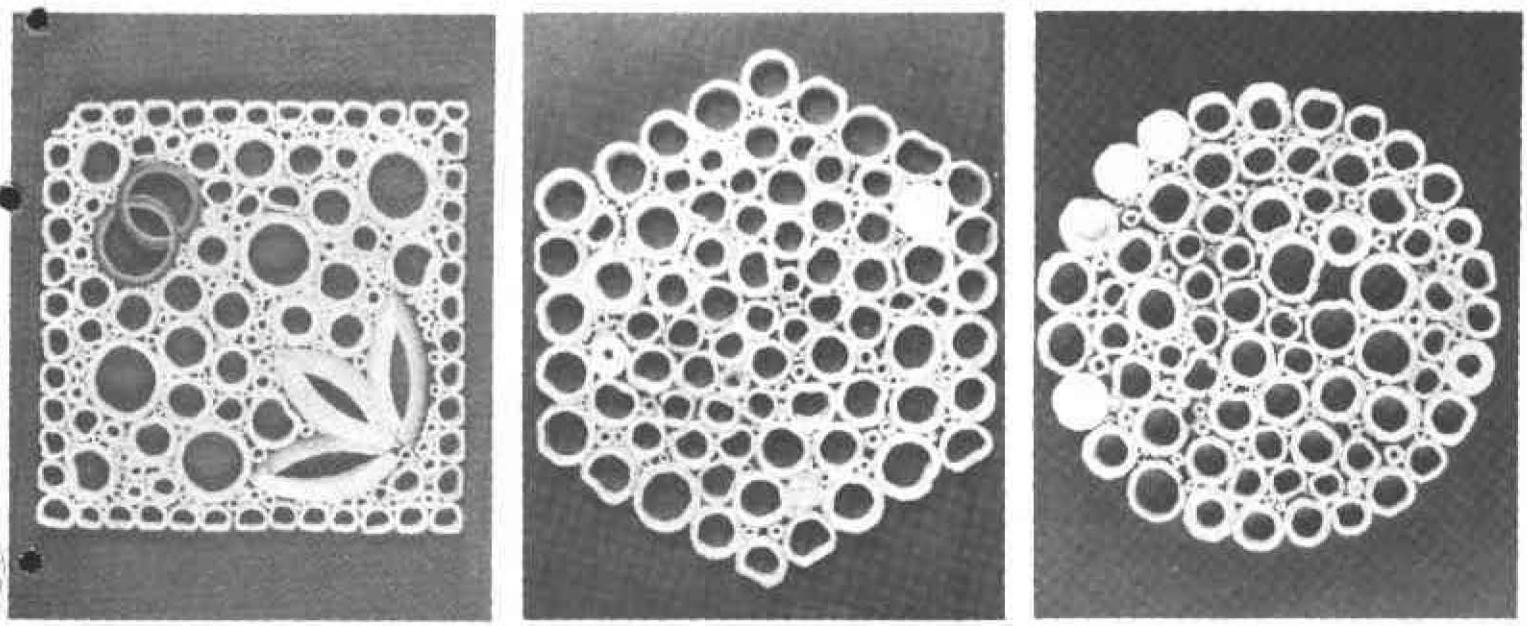
En la construcción de baldosas pequeñas de celosía como las indicadas, o de grandes paneles, pueden utilizarse bambúes de cualquier diámetro, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Deben emplearse bambúes sazonados y secos a un contenido de humedad entre 10 y el 15%, tratados con preservativos para evitar que el producto final sea luego atacado por los insectos.

Si se cortan arandelas o cilindros cortos de bambúes verdes, no sazonados, al secarse en la celosía se rajan por la contracción que sufren.

2. Antes de cortar los cilindros del tallo de bambú debe removerse la película externa que los cubre, lo que se logra colocando el tarugo en un torno y después pasándole una lima. Si no se dispone de torno esta operación se puede efectuar en la forma como se indica en la sección de Artesanía, en Pelado del Bambú. Esto se hace con el propósito de que los pegantes o colas que se utilicen puedan actuar, de lo contrario no es posible pegarlos lateralmente.

Diversos tipos de baldosas de celosía que comúnmente se fabrican en el Japón; con las cuales pueden construirse grandes paneles empleando uno o varios tipos de baldosas.



3. Una vez que se ha removido la película externa se cortan los cilindros. Si éstos corresponden al entrenudo, debe colocarse una banda de caucho sobre su periferia para evitar que se rajen en el momento de ser cortados. No es recomendable cortar arandelas separadamente; es más conveniente pegar los cilindros dentro de una formaleta con el diseño que se quiera y luego cortar cada baldosa al espesor que se desee.

4. En lo posible deben emplearse colas o pegantes de resinas sintéticas. En ningún caso deben emplearse puntillas para unir las diferentes unidades que componen la baldosa o para asegurar entre sí las baldosas de un panel.

3.3.7.2 Baldosas para Pisos

Con bambú pueden fabricarse varios tipos de baldosas para pisos como son:

a. Baldosas de Bambú Laminado.

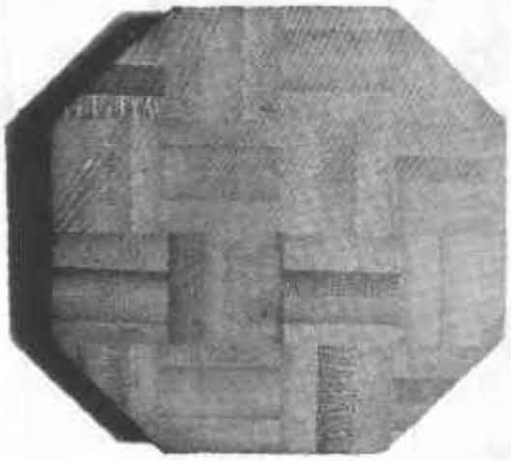
Este tipo de baldosa que se fabrica actualmente en el Japón se hace de la siguiente manera: De la pared del tallo de un bambú de gran diámetro y espesor, se sacan tablillas de igual longitud, espesor y ancho; operación que se hace en la forma como se describe en Estructuras Laminadas. Estas tablillas se pegan longitudinalmente y en diferente posición para lograr diversos diseños, hasta formar un bloque que transversalmente tiene las dimensiones y forma de la baldosa deseada. Posteriormente el bloque se corta transversalmente con el espesor requerido después de lo cual se pule su superficie con una lija fina.

Los bambúes que se utilicen con este propósito deben estar secos y tratados con preservativos. Por otra parte se recomienda que las colas o pegantes que se utilicen sean resinas sintéticas a prueba de humedad.

Este tipo de baldosas para piso ha dado excelentes resultados dada la resistencia al desgaste del bambú particularmente en su sentido transversal.

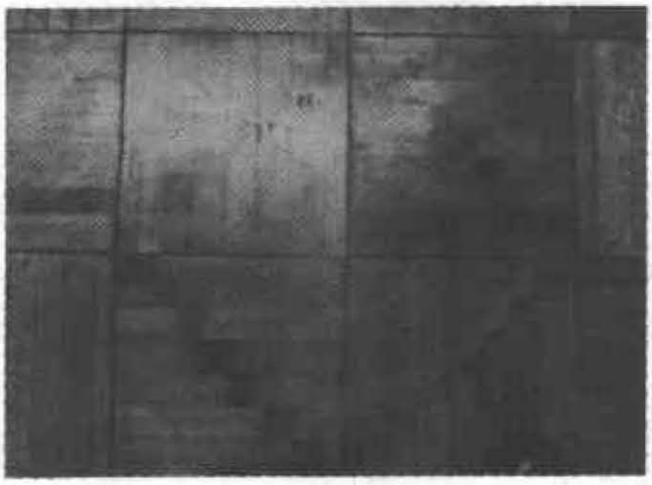
b. Baldosas tipo Parquet.

Las baldosas tipo parquet consisten, en tablillas de bambú pegadas entre sí por el lado de su espesor. Su construcción se hace en la misma forma que la utilizada en los pisos de parquet de madera. En las fotografías se muestran: una baldosa con tablillas colocadas en un solo sentido, y la forma combinada como puede colocarse. Esta baldosa ha dado resultados satisfactorios, aunque no comparables al de las baldosas laminadas.



La fotografía superior muestra una baldosa hecha con bambú laminado. La inferior corresponde a un plato torneado de un bloque laminado similar a la baldosa.

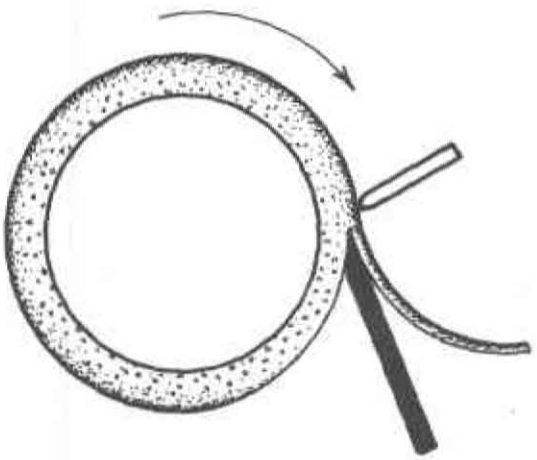
La fotografía muestra un piso formado por baldosas de bambú tipo parquet.



3.3.7.3 Chapas de Bambú.

De los modernos materiales de construcción que recientemente se están fabricando en el Japón y que aún se desconocen en América, son las chapas y paneles contrachapeados de bambú que hasta hace poco tiempo sólo era posible fabricar de madera.

Actualmente se fabrican dos tipos de chapas de bambú. Una es la chapa cortada en rotación, de la cual se pueden obtener, chapas de gran superficie, según el largo, el diámetro y el espesor de la pared de bambú. La otra es la chapa de bambú laminado, que es cortada por rebanadas, y que por lo general se produce en fajas largas, relativamente angostas. En la fabricación de estos tipos de chapas se emplean 2 de los diferentes sistemas que comúnmente se emplean en la elaboración de chapas de madera, y que se describen a continuación:



Forma de obtener chapas de bambú por el sistema de "rotación".

a. Chapas Cortadas en Rotación

Este sistema aplicado en la madera se hace en la siguiente forma: Una vez descortezada la troza de madera, se somete por algún tiempo a un baño de vapor o de agua caliente, con el fin de ablandarla, después de lo cual se coloca en un torno asegurándose en cada uno de sus extremos por medio de un mandril. Luego se hace girar la troza contra una cuchilla muy ancha, colocada paralelamente al eje de la troza, que la corta en la misma forma como si se tratara de desenrollar un rollo de papel. La chapa obtenida por este sistema generalmente se hace en espesores que fluctúan entre 1,27 y 3,63 milímetros.

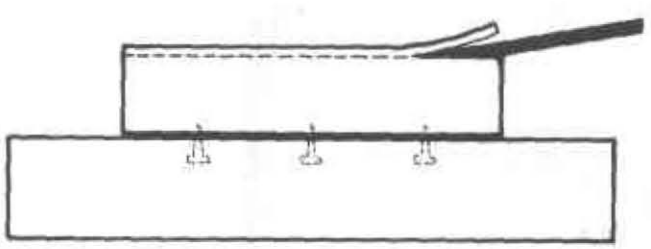
Para fabricar chapas de bambú con este sistema, se requiere que los bambúes que se utilicen sean de máximo diámetro y espesor de pared. Antes de colocarse el tarugo de bambú en el torno, debe pasarse por una máquina peladora (Ver Artesanía - Procesamiento con Maquinaria), con el fin de quitar las salientes de los nudos y la capa externa de los entrenudos. En caso de que no se disponga de la máquina peladora puede colocarse el tarugo en un torno y efectuar esta operación con una lima o un esmeril. Por lo demás el proceso es igual al empleado con la madera, sólo que los mandriles con los cuales se asegura el bambú al torno deben tener forma cónica o similar.

Las chapas obtenidas por este sistema se emplean en la elaboración de contrachapeados de bambú, o en el recubrimiento de contrachapeados de madera.

b. Chapas de Bambú Laminado.

Para obtener chapas de este tipo se emplea una máquina rebanadora, por lo general del tipo vertical. Cuando se emplea madera: los troncos se cortan primero por la mitad y a lo largo, en una sierra circular o continua, y luego en costeros que posteriormente se pasan por la rebanadora. Los espesores obtenidos con este sistema pueden variar entre 0.6 y 1,27 milímetros.

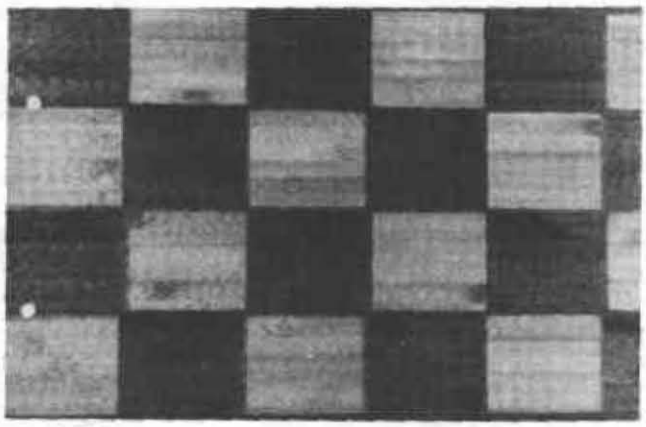
Para obtener chapas de bambú por este sistema, es necesario construir primero bloques de bambú laminados equivalentes a los costeros de madera, que se hacen en forma similar a los bloques utilizados para fabricar las baldosas de bambú laminado. Estos bloques pueden ser cortados por la peladora ya sea en sentido longitudinal o transversal según el acabado final que se quiera tener. En las fotografías se indican algunos de los diseños logrados con este sistema, que realmente son extraordinarios. Las chapas obtenidas por este sistemas son muy costosas, y por lo general se emplean solamente para recubrir contrachapeados de madera.



Sistema para obtener chapas de bambú empleando el "rebanado".

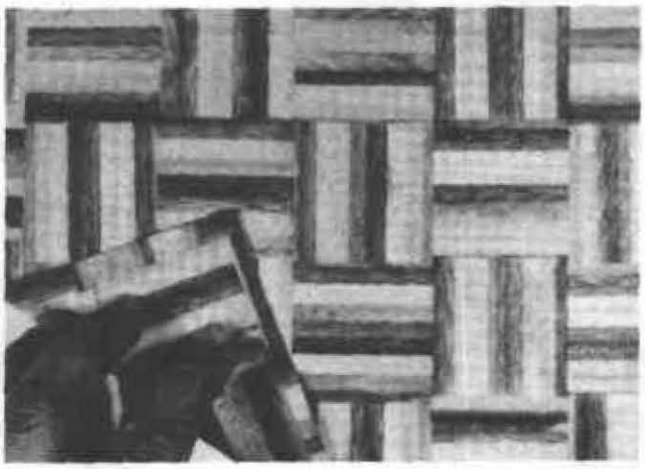
c. Chapas Plastificadas de Bambú Laminado.

Las chapas plastificadas de bambú laminado consisten en chapas de mínimo espesor obtenidas en cualquier de las formas anteriormente descritas, pero recubiertas con una sustancia plástica que permite doblarlas completamente a 180 grados sin que se parta, como puede verse en la fotografía. Por otra parte pueden lavarse y resistir todo tipo de condiciones atmosféricas sin sufrir daño alguno. Estas chapas se emplean para enchape o recubrimiento de muros y muebles en la misma forma que los plásticos modernos.



Chapa plastificada de bambú laminado con diseño en forma de ajedrez. Las zonas más oscuras corresponden a bloques laminados previamente teñidos en la forma como se indica en artesanía.

Las chapas plastificadas de bambú se emplean en todo tipo de enchape. Son similares a los plásticos en cuanto a que pueden doblarse como se ilustra en la fotografía.



3.3.7.4 Paneles Contrachapeados de Bambú.

Los paneles contrachapeados de madera o bambú, están compuestos por un número impar de láminas de chapa, perfectamente unidas paralelamente por medio de un adhesivo adecuado, en tal forma que la dirección del grano o fibra de las láminas adyacentes formen un ángulo recto entre sí. El panel más sencillo está formado por 3 chapas que en Colombia se conoce con el nombre de triplex. La chapa interior o central se denomina alma y las exteriores, caras o superficies anterior y posterior. La dirección de las fibras del alma va siempre perpendicular a la de las caras. Un panel quintuple comprende cinco caras o chapas de las cuales el alma y las caras tienen la fibra en la misma dirección, y las contramallas, como se denominan las capas interiores que se pegan al alma, tienen las fibras en dirección perpendicular a las restantes. En la misma forma pueden producirse paneles con 7,9 y más chapas.

Las ventajas principales de los paneles contrachapeados son:

La mayor uniformidad en las propiedades de resistencia a lo largo y ancho del panel. La reducción e igualdad de las contracciones y dilataciones. Aumento de resistencia al cuarteo y agrietado de los extremos. Pequeña o nula tendencia a torcerse o alabearse, si el contrachapeado está bien construido.

Los paneles contrachapeados de bambú se emplean en enchapes de muros, en divisiones, cielo rasos, etc. Además se emplea en la elaboración de otros productos tales como platos y bandejas. En la fotografía se aprecia un plato hecho en China Popular de láminas contrachapeadas.

Plato fabricado en China con láminas de bambú contrachapeadas.

3.3.7.5 Láminas o Baldosas tejidas de Bambú.

La elaboración de las láminas o baldosas tejidas de bambú se basan en el mismo principio de los paneles contrachapeados en cuanto a la dirección de las fibras se refiere, con la diferencia de que en lugar de chapas se colocan cintas paralelas de bambú de cualquier longitud, que se entretejen y pegan con otras que corren en dirección perpendicular, después de lo cual se prensan en una prensa de platos calientes dando como resultado un material muy resistente y flexible de gran estabilidad dimensional muy apropiado para cielos rasos, particiones livianas, enchapes de muros, pisos de parquet, closets, muebles y en productos moldeados, como el plato indicado en la fotografía, elaborado en Taiwan. Las láminas o baldosas tejidas se fabrican en la siguiente forma: Se divide una sección o tarugo de bambú, de longitud un poco mayor al de la baldosa o del panel, en latas angostas de las cuales se remueve la capa exterior, dividiéndose luego en cintas o segmentos radiales de 1.60 mm. (1/16") de espesor. Las cintas pueden emplearse tal como se obtienen, o sumergiéndolas previamente en agua por algún tiempo, o si es necesario en un baño de vapor moderado. Posteriormente se tratan con resina fenólica y se tejen formando una esterilla, o se forma la esterilla y después se trata con la resina. Una vez lista la esterilla, se somete a presión, en una prensa de platos calientes a una temperatura de 140°C. Es importante tener en cuenta que mientras menos sea el contenido de resina mayor debe ser la presión. Con un contenido de resina del 15% y una presión de 400 lbs/pulg² pueden obtenerse baldosas muy satisfactorias.

Para fabricar paneles contrachapeados compuestos de varias láminas tejidas y pegadas entre sí, como si fueran chapas, se esparce entre las capas polvo de madera tratado con resina fenólica y luego se prensan. La adición del polvo de madera, que por lo general es del 40%, es con el fin de que sirva como llenante y empareje la superficie. Además pueden emplear como llenante: arena, polvo de carbón, polvo de corcho, entre otros.

Las láminas pueden fabricarse en la forma que se desee, ya sea corrugada o moldeada. Cuando se emplea en la construcción de tabiques divisorios, se utilizan como alma de los mismos, tubos hechos del mismo material que se colocan entre dos paneles tejidos, asegurándose por medio de tornillos.

Las baldosas y láminas tejidas de bambú tienen excelentes propiedades de resistencia. El informe de los ensayos efectuados con varias muestras de este material por la Imperial Chemical Industries de la India, dice que baldosas de 60x60.cms., que permanecieron en agua durante 2 años se encontraron en condiciones sanas. Las baldosas que se enterraron durante 3 años mostraron condiciones satisfactorias. Una pequeña caseta de 3x3x4 metros que se construyó con paredes, techos y pisos de este material después de 2 años de servicio se encontraba en condiciones satisfactorias.

Baldosas tejidas en bambú. Su resistencia y flexibilidad la hacen apta para muchos usos.

Con baldosas tejidas y prensadas se fabrican en Taiwan bandejas y platos como el que se muestra en la fotografía, que además de ser irrompible, no lo afecta el calor.

3.4 ESTRUCTURAS ESPACIALES DE BAMBU

Las estructuras espaciales se emplean cuando es necesario cubrir grandes superficies con un mínimo de soportes interiores, con lo cual se logra un mayor y más elástico aprovechamiento de los espacios. Por lo general están constituídas por una armadura en la cual todos los miembros están interconectados y actúan como un sólo elemento, resistiendo cargas aplicadas en cualquier dirección.

Existen muchos tipos de estructuras espaciales que varían en su forma según el sistema utilizado, el que puede estar constituído ya sea por un simple reticular monolítico, por una doble capa reticular o por un sistema coplanar al cual corresponden las estructuras plegadas o de forma curva.

Hasta el presente los materiales más empleados en la construcción de estructuras espaciales han sido el acero, el concreto, el aluminio y la madera. Actualmente existen grandes posibilidades para el empleo del bambú en la construcción de ciertos tipos de estructuras espaciales, para las cuales reune condiciones físicas y económicas muy satisfactorias, en particular para la construcción de estructuras geodésicas y laminadas cuya aplicación se describe a continuación:

La fotografía muestra un domo geodésico de aluminio construido en Hawaiian Village, Honolulu, como auditorio. Tiene una capacidad para 2,000 personas; su altura en el centro es de 15 metros y tiene un diámetro de 44 metros. Reproducido de Architectural Engineering - New Structures.

3.4.1 ESTRUCTURAS GEODESICAS – DOMOS

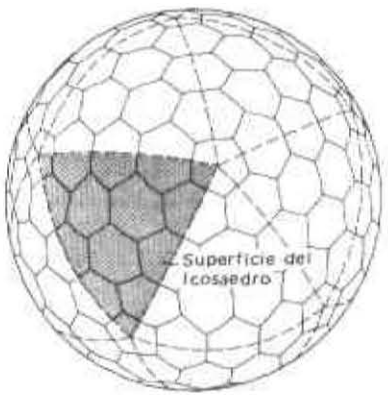
Las primeras cúpulas o domos hechos por el hombre, fueron construídas en bambú por los primitivos bengalíes en la India. Como se anotó anteriormente su influencia en la arquitectura de este país fue tan extraordinaria que gran parte de las grandes cúpulas que se construyeron muchos siglos después, como la del Taj Mahall conservaron la forma y aún las proporciones de las construídas originalmente en bambú.

En las modernas estructuras espaciales se ha encontrado una nueva aplicación para el bambú en la construcción de estrucutras o domos geodésicos que fueron inventadas por Buckminster Fuller, hace unos 30 años.

Los domos geodésicos, como su nombre lo indica, son de forma esférica y pueden estar constituídos según el diseño por un segmento de esfera correspondiente a 1/8, 1/2, 3/8, ó 5/8. Para

su construcción se emplean elementos simples estructurales, de dimensiones iguales que se unen o ensamblan para formar el segmento esférico deseado; por esta razón son estructuras muy económicas, fáciles de construír que pueden ser empleadas para cubrir grandes áreas sin necesidad de apoyos centrales. Basado en estas ventajas Fuller sugirió la construcción de un gigantesco domo de dos millas de diámetro, con aire acondicionado para cubrir la zona central de la Isla de Manhattan en New York.

La base geométrica de la estructura está formada por un icosaedro; por ejemplo, de un poliedro inscrito en una hemisfera con 20 superficies de igual dimensión y lados iguales. Cada una de las superficies del icosaedro puede subdividirse, según su dimensión, con el fin de que los elementos estructurales no sean demasiado grandes y permita hacer más fácil su transporte y armada. El número de subdivisiones de los lados del icosaedro, determina el número de los diferentes elementos.



Proyección horizontal de un domo en el cual se muestra la superficie formada por el Icosaedro.

La mayoría de los domos geodésicos construídos hasta hoy se han hecho utilizando elementos estructurales de aluminio o acero. El domo más grande que se haya construído hasta el presente es el de la Unión Tank Car Company en Baton Rouge, Louisiana; diseñado por la Synergetics Inc., una compañía fundada por Fuller.

Este domo tiene un diámetro interior de 117 metros (384 pies) y una altura de 35 metros (116 pies). Se emplea como taller de reparación de vagones del ferrocarril.

3.4.1.1. Construcción de un Domo Geodésico en Bambú.

El domo geodésico de bambú cuya construcción se describe a continuación fue diseñado por Buckminster Fuller, quien realizó varios experimentos de construcción de domos, en la escuela de Ingeniería de Bengala, Calcuta, India.

El domo geodésico de bambú, como se muestra en los dibujos de ensamble, tiene dos uniones diferentes que se denominan: Unión "B" que se encuentra en los vértices de todos los pentágonos que se forman, y la unión "R" que se encuentra en todos los otros puntos.

Las separaciones entre las uniones son: **BB**, **BR** ó **RR** y los factores del arco de estas longitudes son:

BB = .26030616
BR = .31030984
RR= .32636688

Para estos factores el radio del domo es: 1.00. Para construír un domo de 22 pies de diámetro (11 pies de radio), las longitudes del arco deben ser las siguientes:

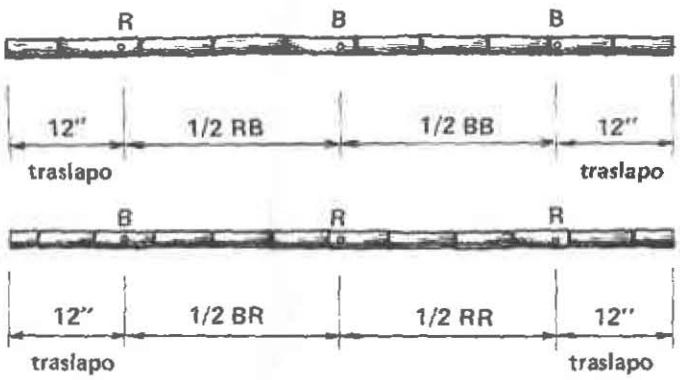
BB = 2.86 pies
BR = 3.41 pies
RR = 3.59 pies

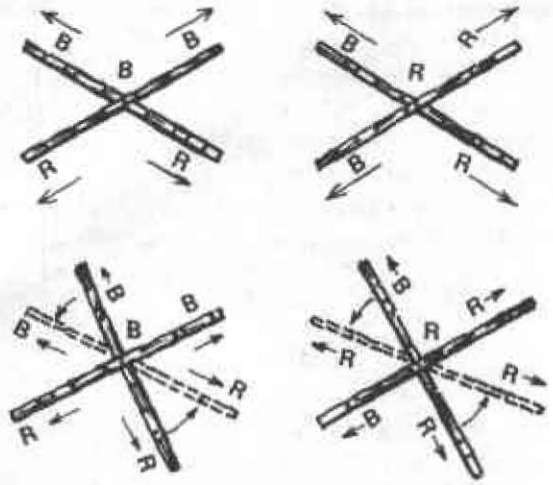
a. Preparación de las Piezas y Unidades.

En la construcción del domo, sólo se emplean 2 miembros de diferente longitud. Para un domo de 5/8 se necesitan 80 miembros tipo "**B**" y 90 tipo "**R**". Las medidas sobre el bambú deben señalarse con colores diferentes, trazando una línea alrededor del bambú en cada punto, por ejemplo, para los puntos "**B**", debe usarse color azul y para los "**R**" color rojo.

Las unidades se arman colocando en cruz dos miembros iguales "**B**" o "**R**", formando ángulos rectos, amarrándolos en su centro sin apretarlos demasiado, ya que durante el ensamblaje se deben girar hasta una posición determinada.

En todos los casos debe tenerse en cuenta que al ver la cruz con los ángulos agudos a los lados y los obtusos en la parte superior e inferior, el miembro que va del extremo superior derecho al opuesto, debe pasar siempre sobre el otro miembro.

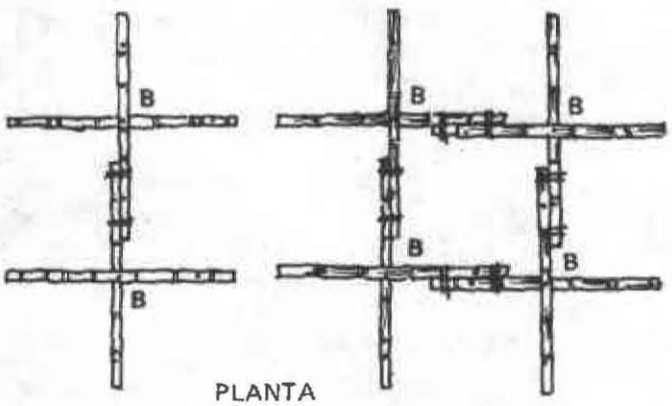




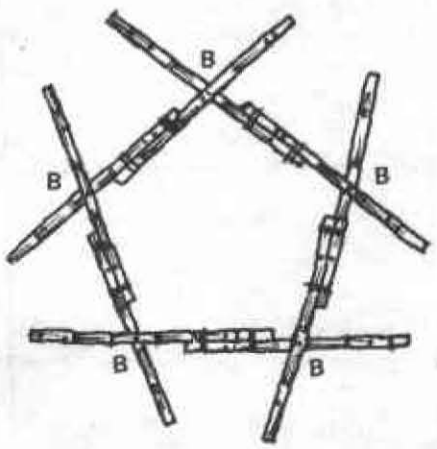
PLANTA

b. Ensamble.

1a. Etapa La primera etapa del ensamble del domo corresponde a la construcción del pentágono de la parte superior del domo, para lo cual se emplean 5 unidades o cruces tipo "B", que se unen en la forma como se indica en la figura.



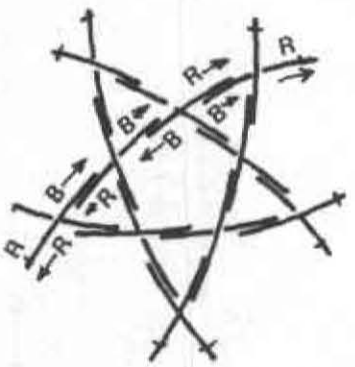
PLANTA



PLANTA

2a. Etapa. La segunda etapa consiste en formar los 5 triángulos alrededor del pentágono, utilizando 5 unidades tipo "R". Debe tenerse en cuenta que los puntos extremos de las medidas, siempre tienen la misma designación de la cruz a la cual se conectan.

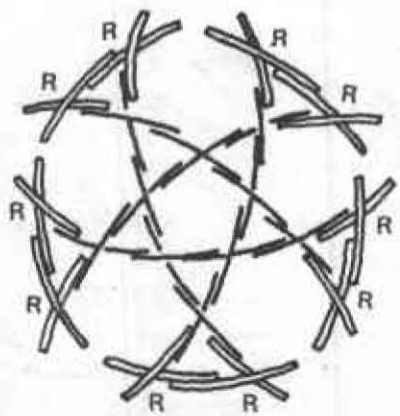
En este punto la estructura tiende a arquearse y la concavidad debe dejarse hacia abajo. Una vez amarradas las unidades indicadas, la estructura debe levantarse para poder adicionar nuevas unidades, lo que se hace con ayuda de puntales bípedos hechos de bambú, consistentes en dos bambúes de 2.50 mts. de largo, unidos por su extremo superior con una cuerda de 30 cms., de longitud, que se colocan como soportes en puntos equidistantes de la cúspide. Primero en los vértices del pentágono superior y posteriormente en los 5 puntos más altos de los 5 exágonos inferiores.



PLANTA

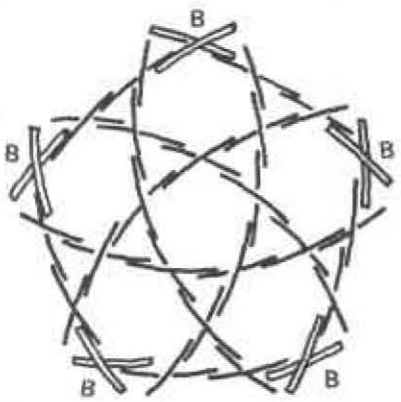
ALZADA

3a. Etapa. Para la tercera etapa se emplean 10 unidades tipo "R" que se fijan como se indica en el dibujo respectivo con doble línea.



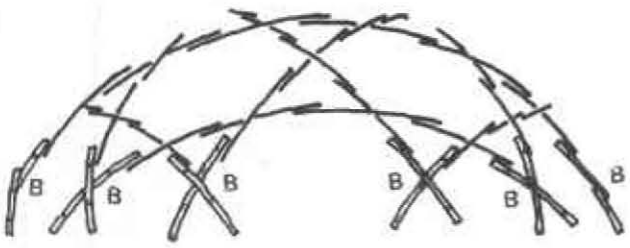
PLANTA

4a. Etapa. Para cerrar los 5 exágonos que rodean el pentágono, se colocan 5 unidades tipo "B".



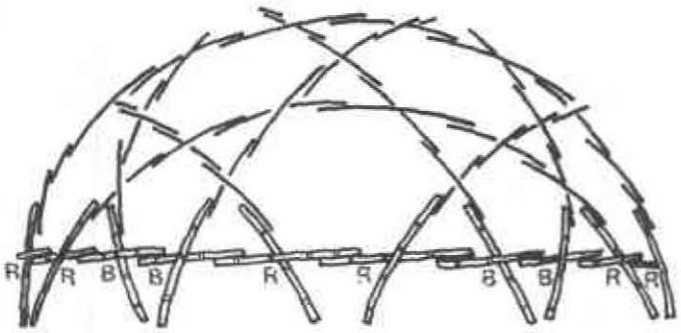
PLANTA

5a. Etapa. Se adicionan 10 unidades tipo "B" para cerrar 10 triángulos, de los cuales se ven sólo 6 en la proyección vertical.



ALZADA

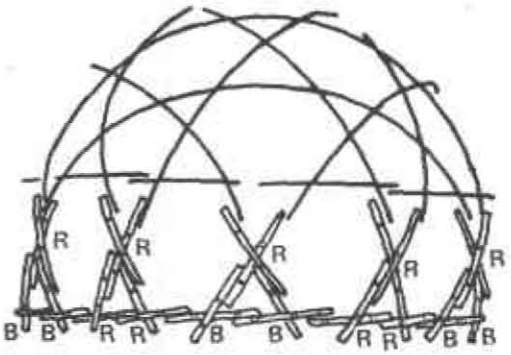
6a. Etapa. Se emplean 10 unidades tipo "B" y 10 tipo "R" para completar la primera bomba horizontal. Hasta este punto se tiene un domo de 3/8 de esfera.



ALZADA

7a. Etapa Para completar un domo de 5/8 se requieren 2 etapas adicionales. En la séptima etapa se emplean 10 unidades tipo "R".

8a. Etapa. Se emplean 10 unidades tipo "R" y 10 tipo "B". En estas últimas 2o unidades, los miembros que den sobre el suelo deben cortarse a 30 cms. del punto central.



ALZADA

3.4.2 ESTRUCTURAS LAMINADAS

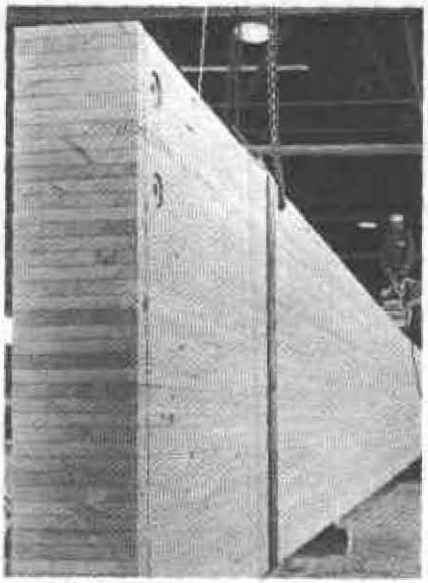
Hasta el presente la madera ha sido el único material empleado en la fabricación de estructuras laminadas, las que se hacen pegando láminas o tablas de madera relativamente cortas, formando un gran miembro o estructura de madera, ya sea en forma recta o curvada, de tal manera que la fibra o el grano de cada una de las tablas sea paralela a la longitud de la estructura. En esta forma se obtienen vigas o gigantescos arcos que permiten cubrir grandes luces. Este mismo sistema se ha empleado para la elaboración de algunos artículos deportivos y de piezas para muebles que requieren cierto espesor.

Los primeros arcos laminados se construyeron en Europa en 1907 empleando maderas blandas y caseína como pegante. Posteriormente durante la Primera Guerra Mundial se utilizó en la construcción de las estructuras de los aviones, extendiéndose luego su empleo a la construccion de edificios.

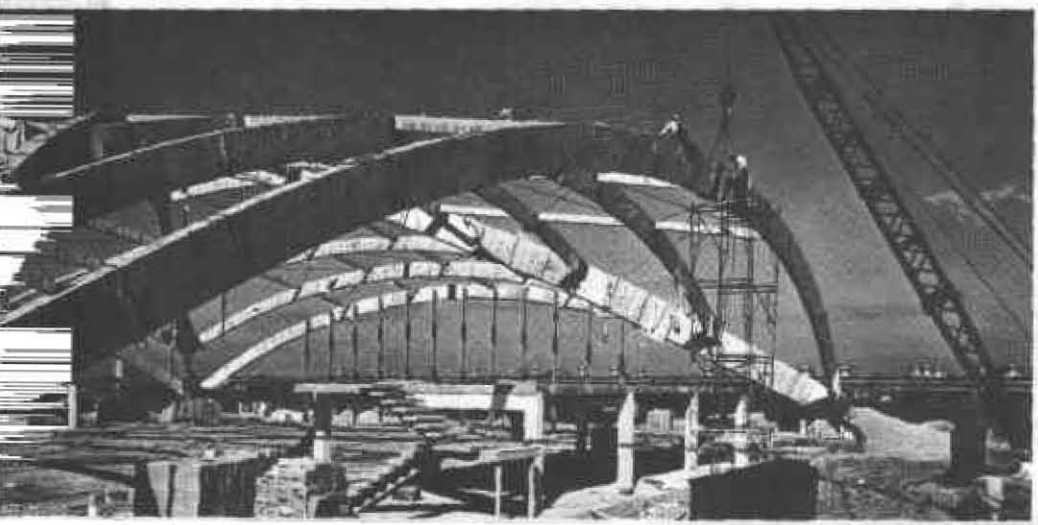
En los Estados Unidos, el primer edificio de arcos laminados fue construído en 1934 por el Forest Products Laboratory. A este edificio le siguieron muchos otros para fábricas, gimnasios, hangares, casas, etc. El desarrollo de nuevos pegantes de resina sintética, resistentes a la humedad, amplió su aplicación estructural a puentes y construcciones marinas.

El bambú sólo había sido utilizado hasta hoy en la fabricación de pequeñas piezas laminadas con propósitos decorativos, en cañas de pescar y en la elaboración de algunos productos artesanales. Sin embargo, su aplicación en la construcción de estructuras laminadas no se había considerado, siendo quizás el autor el primero en haber iniciado estudios sobre este particular, empleando para ello "la guadua" (*Bambusa guadua*) nativa de Colombia y Ecuador. Los resultados de los estudios preliminares han sido muy satisfactorios y de ellos han dado conceptos favorables expertos americanos tales como: el Dr. Peter Koch, Director de Proyectos del Southern Forest Experimental Station en Lousiana, quien muy amablemente colaboró en la dirección de los ensayos de algunas muestras llevadas por el autor en julio de 1972 a los Estados Unidos. El Dr. Harry E. Troxell, profesor de Wood Science de la Universidad de Colorado y el Dr. Billy Bohanan del U.S. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin.

El autor considera que esta nueva aplicación del bambú puede tener gran importancia en el futuro industrial de latinoamérica y por ello cree conveniente indicar a continuación solo algunos principios básicos que deben tenerse en cuenta para la aplicación del bambú en este tipo de estructuras.



En las fotografías superiores se muestra tanto la forma como la enorme dimensión de miembros estructurales que pueden ser construidos en madera laminada para cubrir grandes luces (Koppers).



Gigantesca estructura construida en madera laminada. Los arcos se cubren con papel para protegerlos del sol y de las lluvias mientras se construye la cubierta.

3.4.2.1 Ventajas del Sistema Laminar

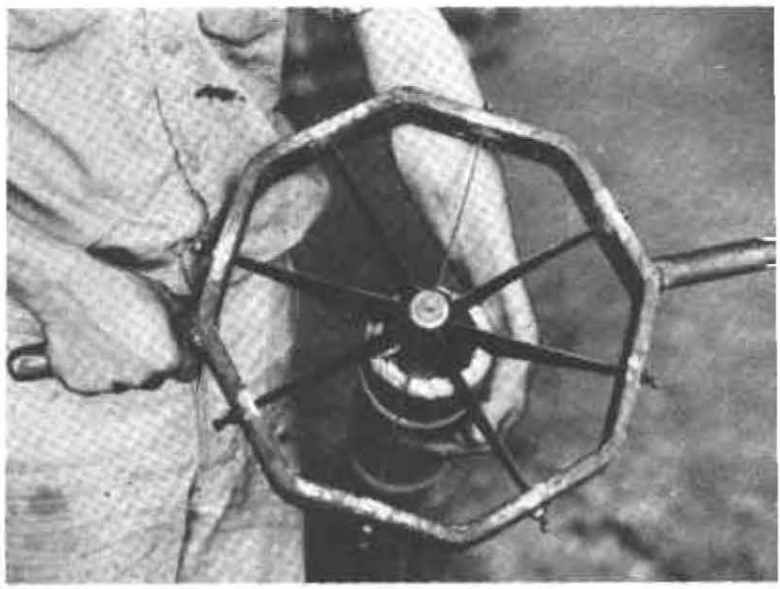
Freas y Selbo, indican entre otras las siguientes ventajas:

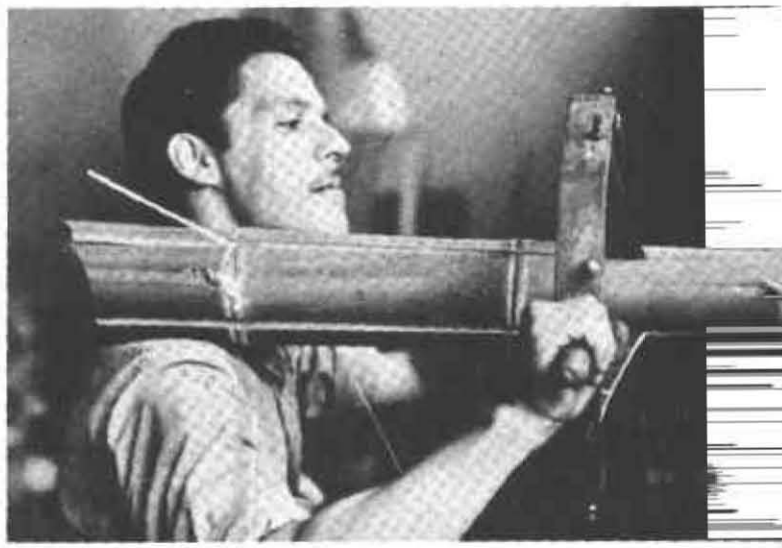
1. La facilidad de fabricar grandes elementos estructurales partiendo de madera aserrada comercial de tamaños corrientes. En los Estados Unidos se ha empleado este sistema en la construcción de grandes arcos laminados con luces hasta de 52 metros, y secciones que llegan a tener hasta 2 metros.
2. La posibilidad de utilizar material de grado bajo para láminas con esfuerzos menos elevados, sin afectar adversamente la integridad estructural de los miembros.
3. La ausencia de rajaduras u otros defectos del secado, generalmente asociados con los tramos grandes de madera de una pieza. En este tipo de productos esos defectos son tan pequeños que pueden desaparecer rápidamente antes de la elaboración.
4. La oportunidad de diseñar elementos estructurales que varían en su sección transversal a lo largo de su longitud, de acuerdo con los requisitos de fuerza.
5. La fabricación de miembros estructurales laminados grandes, a partir de piezas más pequeñas, es mucho más adaptable a nuestra economía forestal, cuando nuestra madera comience a llegar en tamaños más pequeños, por ser explotada de árboles de menor altura y en grados inferiores.

3.4.2.2 Aplicación del Bambú en Estructuras Laminadas.

El bambú que se utilice en la obtención de las láminas o tablillas, debe ser en lo posible de gran diámetro con un espesor mínimo de pared comprendido entre 15 y 20 mm. ya que del espesor y del diámetro depende el ancho de las láminas que se obtengan, como se indica en la figura.

Una vez que el bambú ha sido secado al aire y tratado con preservativos, las láminas se obtienen del tarugo, rajándolo radial y longitudinalmente en partes iguales, para lo cual puede utilizarse la herramienta de cuchillas radiales intercambiables similar a la que se indica en la fotografía la cual fue diseñada por el autor en colaboración del Ing. Agrónomo Aquilino Herrera y fabricada en la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Nacional en Palmira. Obtenidas las latas con el sistema anterior se cortan con un machete los tabiques de los nudos, pasándose luego la lata por una sierra circular para remover la curvatura



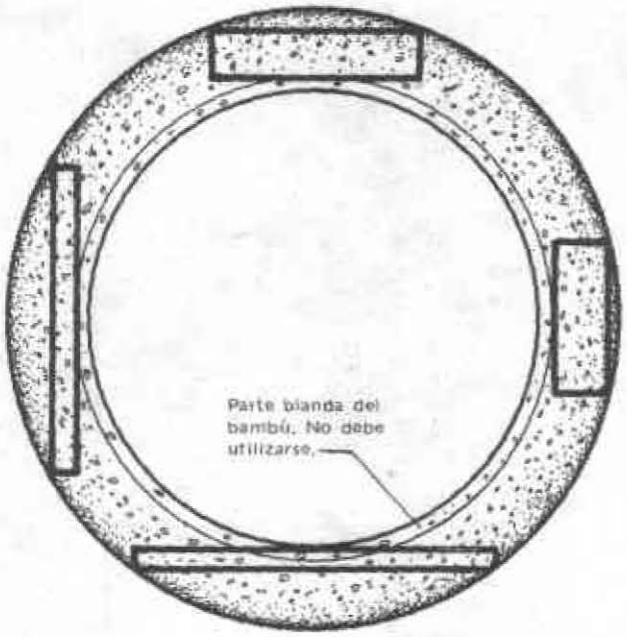


Herramienta de cuchillas intercambiables que permite dividir un tarugo de bambú en un número deseado de secciones longitudinales de igual ancho.

externa e interna hasta dejarla con lados más o menos paralelos, después de lo cual se emparejan a un determinado espesor en una máquina cepilladora.

Las dimensiones máximas de tablillas obtenidas por el autor fueron de 10 cms. de ancho por 7 mm. de espesor, de bambúes de 20 cms. de diámetro y 2.5 cms. de espesor.

Es muy importante tener en cuenta que las capas externas del bambú son mucho más resistentes que las internas; por ello la tablilla debe cortarse en tal forma de que su plano inferior no corresponda a la tangente interna de la pared, o de hacerse en esta forma, posteriormente debe recortarse parte de esta zona en la cepilladora.



Diversos tipos de espesores y anchos de tablillas que pueden obtenerse de un bambú.

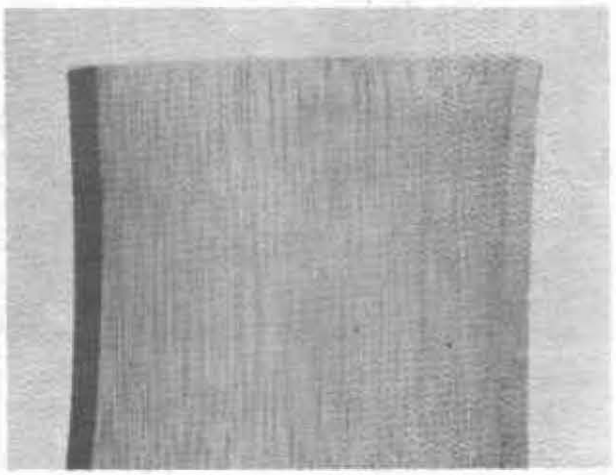


Lámina de bambú obtenida en la forma vista anteriormente.

3.4.2.3 Adhesivos.

Los pegantes o adhesivos más empleados en la construcción de elementos o estructuras laminadas son: la caseína, de origen natural, que fue el primer pegante utilizado con este propósito. Las resinas de Urea, Fenol y Resorcinol, de origen sintético. De los anteriores, el resorcinol es el más recomendado en todo sentido, particularmente en estructuras o miembros estructurales que van a quedar a la intemperie.

Con excepción de la caseína, no deben emplearse en estructuras o miembros estructurales laminados, pegantes animales o vegetales que comunmente se utilizan en la fabricación de piezas laminadas, de muebles de madera, pues su resistencia es muy baja, como puede observarse en los cuadros siguientes, en los cuales se indican los resultados de los ensayos a esfuerzo cortante realizados por G. E. Heck (35) en la línea de pega de muestras de *Bambusa guadua (guadua angustifolia)* formadas por dos latas pegadas entre sí por el lado interno, con diferentes tipos de adhesivos.

3.4.2.4 Aplicación.

Después de cepilladas las tablillas se procede a la aplicación del pegante en cada una de las caras superiores de las mismas; empleando para ello una brocha. Este proceso, en las grandes fábricas de estructuras, se hace por medio de una máquina engomadora. Una vez aplicado el pegante se colocan una sobre otra, teniendo el cuidado de que los nudos queden intercalados en tal forma que no coincidan verticalmente. Posteriormente la viga formada se prensa a una presión comprendida entre 150 y 200 lbs/pulg^2. En la aplicación de los pegantes deben seguirse al pie de la letra las instrucciones indicadas por el fabricante. Es importante anotar que algunos de estos pegantes no son aplicables en frío, como el fenol formaldehido.

Otros aspectos muy importantes que deben tenerse en cuenta en la construcción de las vigas y en la aplicación del pegante son los siguientes:

1. El bambú debe tener un porcentaje de humedad aproximado al del equilibrio higroscópico de la estructura puesta en obra. Por lo general se fijan los siguientes porcentajes.

Interiores	de 8 a 10%	de humedad.
Exteriores	de 12 a 15%	de humedad.

   Por otra parte dentro del mismo miembro estructural no deben emplearse láminas cuyo porcentaje de humedad tenga una oscilación superior a un 5% pues en el proceso de equilibrio de la humedad de las láminas se producen tensiones que sobrecargan las tensiones actuantes.

2. Las superficies de las tablillas a las cuales se les va a aplicar el pegante, deben encontrarse perfectamente lisas; se recomienda hacer esta preparación con máquinas de cuchillas y no ligandolas. Se ha comprobado que los pegantes actúan en mejor forma sobre superficies relativamente rugosas que sobre superficies lijadas.

TABLA 3.4.2.3.1 Resultados de ensayos a esfuerzo cortante efectuados en la línea de pega de muestras de Bambusa guadua (Guadua angustifolia), después de permanecer 6 meses a 80°F (27°C) y a una humedad relativa de 65%.

Densidad del bambú y Tipo de pegante	Muestra seca.		Muestra húmeda.	
	Resistencia al cizallamiento Lbs/pulg²	Falla en la fibra %	Resistencia al cizallamiento Lbs/pulg²	Falla en la fibra %
Bambú de alta densidad				
Resorcinol - resina	1.409	70	1.458	48
Urea - resina	1.790	93	1.060	16
Animal	326	0	0	0
Caseína	1.163	55	53	0
Phenol - resina	1.532	43	1.119	50
Bambú de baja calidad				
Resorcinol - resina	1.170	83	1.058	68
Urea - resina	1.095	95	849	75
Animal	747	75	0	0
Caseína	920	93	83	0
Pehnol - resina	1.219	100	643	100

TABLA 3.4.2.3.2 Resultados de los ensayos a esfuerzo cortante efectuados en la línea de pega de muestras de Bambusa guadua (Guadua angustifolia) después de permanecer una semana a 80°F (27°C) y 65% de humedad relativa.

Densidad del bambú y Tipo de pegante	Muestra seca.		Muestra húmeda. *	
	Resistencia al cizallamiento Lbs/pulg²	Falla en la fibra %	Resistencia al cizallamiento Lbs/pulg²	Falla en la fibra %
Bambú de alta densidad				
Resorcinol - resina	1.992	55	1.062	18
Urea - resina	2.285	58	572	8
Animal	1.317	13	0	0
Caseína	2.049	25	0	0
Fenol - resina	2.183	48	1.151	10
Bambú de baja densidad				
Resorcinol - resina	1.036	88	664	50
Urea - resina	1.155	90	204	5
Animal	1.217	83	0	0
Caseína.	1.052	95	0	0
Phenol - resina	1.476	100	870	95

* Sumergida en agua 48 horas

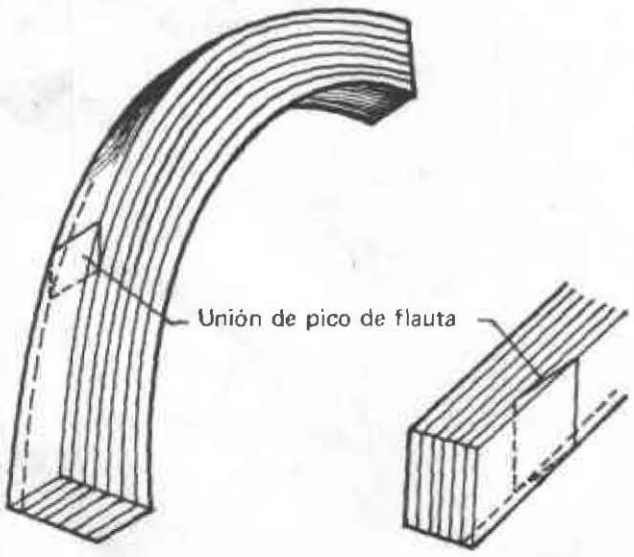
3. Los espesores de las láminas deben ser uniformes con el objeto de tener una línea de pega aproximadamente del mismo grosor. La máxima diferencia aconsejable es de 0.25 mm.

3.4.2.5 Uniones.

En miembros estructurales muy largos, las láminas deben unirse por sus extremos para lo cual existen diferentes tipos de unión siendo los más recomendables para el caso del bambú la unión al tope, en pico de flauta y la unión de dedos, que es la más recomendable, pero sus cortes deben ser tan exactos que se requiere una máquina especial para hacerlos.

Las uniones al tope no transmiten esfuerzo alguno de tracción pero sí de compresión; por ello no se recomienda su uso en miembros sometidos a tensión. Si el miembro va a estar sometido a flexión, las uniones al tope deben separarse 24 veces el espesor en las zonas sometidas a grandes tracciones, siendo nula esta separación en las zonas de pequeñas tensiones.

Las uniones de pico de flauta en miembros que van a estar sometidos a tensión y flexión, requieren una separación mínima de 24 veces el espesor de las láminas adyacentes. La pendiente del pico de flauta no debe ser inferior a 1/10 en las zonas sometidas a tracción y de 1/5 en las zonas de compresión. Las uniones deben distribuirse en la viga en tal forma que no coincidan verticalmente.

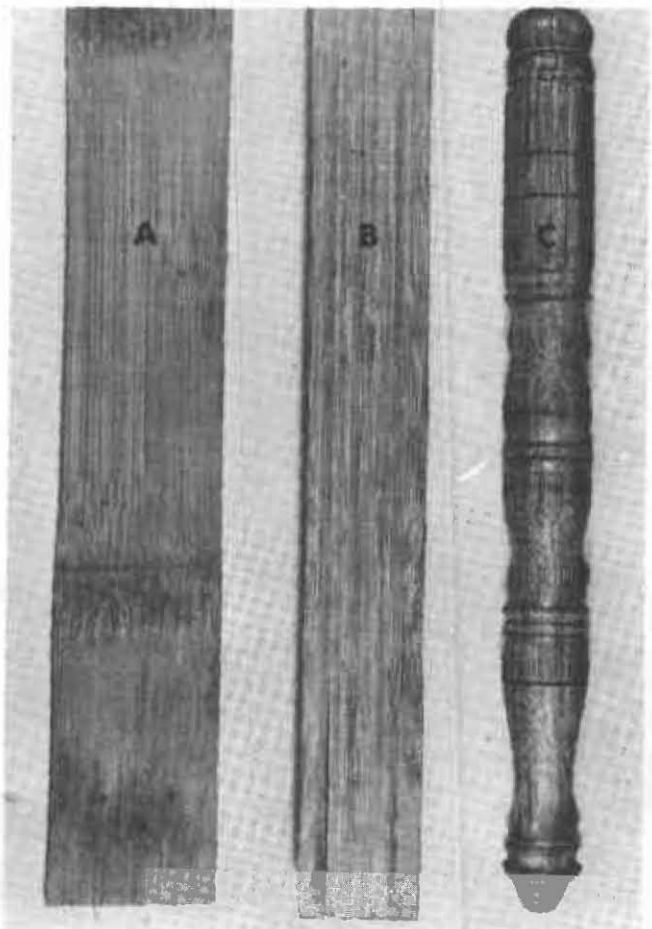


Uniones de pico de flauta en vigas rectas y curvas.

3.4.3 APLICACION DEL SISTEMA LAMINADO DE BAMBU EN LA FABRICACION DE PIEZAS TORNEADAS PARA MUEBLES.

Otra de las grandes posibilidades industriales que tiene el sistema laminado de bambú, aparte de su utilización en la construcción de pequeñas y grandes estructuras; es su aplicación en la fabricación de piezas torneadas para muebles. El autor también ha realizado a este respecto, experimentos con resultados muy satisfactorios, utilizando para ello la guadua (*Guadua angustifolia*).

El proceso empleado es similar al descrito para la fabricación de estructuras laminadas pero más simple. En este caso en lugar de la viga se construye un bloque laminado "B" (ver fotografía), formado por varias láminas o tablillas de bambú, "A" (ver fotografía), cortadas de igual longitud, ancho y espesor; las que una vez pegadas se prensan con varios tornillos en "G" o cualquier otro tipo de prensa manual, hasta que el adhesivo fragüe. El bloque obtenido puede ser cortado en la forma que se quiera, empleando para ello cualquier tipo de máquina o de herramienta y aún tornearse como la pata del mueble que se muestra en la fotografía ("C").



4
INGENIERIA

INTRODUCCION

Nadie hasta ahora ha valorado el extraordinario papel que el bambú ha desempeñado, no sólo en la realización de muchos de los grandes inventos efectuados por el hombre a través de los siglos, sino en los diversos campos de la ingeniería.

Si investigamos a fondo cuál fue el origen del fuego, el primero de los grandes inventos realizados, llegamos a la conclusión de que el primer elemento utilizado para hacerlo fue el bambú y no la madera de los árboles como comunmente se cree. Es muy posible que la primera vez que el hombre vió el fuego, fue cuando la lava de los volcanes o los rayos causaron incendios en los bosques, pero ello no enseñó al hombre a hacer fuego. Existe una teoría que parece dar una solución a la pregunta de cómo el hombre aprendió a hacer fuego. Ella se refiere a que en los grandes bosques de Animallai, en el sur de la India, a menudo se presentaban fuegos causados por la fricción de un bambú contra otro. Sin duda alguna ello fue observado por los hombres primitivos que frecuentaban estos lugares para recoger los cogollos jóvenes de bambú que utilizaban como alimento, imitando luego esta operación con secciones de bambú. Posteriormente en los sitios donde no había bambú utilizaron con resultados similares pedazos de madera. Muchos siglos después, Edison utilizó filamentos carbonizados de bambú, en la invención de la bombilla eléctrica, con excelentes resultados.

De otra parte, muchas de las máquinas y herramientas que hoy se emplean en la industria tuvieron su origen en primitivas aplicaciones que se le dió al bambú. Los puentes colgantes que actualmente se construyen con cables de acero, se originaron en los primitivos puentes colgantes que se construyeron en China y en el Himalaya, con cables de bambú.

En los últimos años no solo se han revivido y mejorado algunos de los antiguos usos que se le dió al bambú, como es su utilización en la construcción de acueductos, diques, puentes etc., sino que se han logrado nuevas aplicaciones de las cuales la más sobresaliente es en la construcción de aviones.

En la presente sección se describen e ilustran algunas de las aplicaciones que se le ha dado al bambú en los siguientes campos de la ingeniería.

1. *En Ingeniería Aeronáutica, en la construcción de aviones.*
2. *En Ingeniería Civil, en la construcción de puentes colgantes con cables de bambú, puentes rígidos y diques.*
3. *En Ingeniería Hidráulica y Sanitaria, en la construcción de acueductos, fuentes de agua, pozos profundos.*

Avión experimental XL – 14 Maya en pleno vuelo. Fue el primer avión construido en Filipinas con fuselaje de bambú.

4.1 INGENIERIA AERONAUTICA

4.1.1 UTILIZACION DEL BAMBU EN LA CONSTRUCCION DE AVIONES

En octubre de 1947, el Instituto de Ciencia y Tecnología de Manila, Filipinas, fue encargado por el gobierno de dicho país de realizar una investigación y experimentación relacionada con la posibilidad de construir aviones utilizando materiales filipinos. Con este propósito dicha entidad organizó una sección de Investigación y Desarrollo Aéreo que comenzó a operar en 1952, con la colaboración de la Fuerza Aérea Filipina, bajo la dirección del Ingeniero Antonio J. de León, quien posteriormente publicó un informe de los resultados obtenidos de la investigación, titulado "Estudios sobre el uso de paneles tejidos de bambú en el recubrimiento de aviones" del cual se han tomado las informaciones que se indican a continuación.

4.1.1.1 Estudios Preliminares.

La investigación se inició con el estudio de los materiales locales que podrían sustituír los comunmente utilizados en la construcción de la estructura y en el recubrimiento de los aviones. Siendo Filipinas un país pequeño de limitada economía, que no dispone de industrias productoras de metales pero sí de muchos bosques con maderas de excelente calidad, se pensó en utilizar las mejores maderas tanto para construir la estructura del avión como para elaborar los delgados paneles contrachapeados de madera que se utilizarían como recubrimiento de la estructura, en la misma forma como lo habían hecho con mucho éxito otros países, particularmente durante la segunda guerra mundial, que utilizaron la madera como material principal para la construcción de la estructura de aviones, tales como el Mosquito y el Lancaster.

Desafortunadamente en los momentos cuando se inició la investigación en Filipinas no había en el mercado maderas contrachapeadas especiales para aviones y su fabricación inmediata no pudo lograrse, debido a que los fabricantes locales no

mostraron interés alguno en su fabricación, no sólo por el alto costo que ello les representaba, sino también: por la poca demanda del producto, porque la técnica para elaborarlo no era en ese entonces lo suficientemente perfecta y porque los pegantes no reunían las especificaciones necesarias para este tipo de trabajo. En vista de las dificultades que se encontraron para utilizar los paneles contrachapeados de madera en el recubrimiento de la estructura, el Instituto realizó un estudio sobre otros materiales locales que además de resistentes y trabajables fuesen fácilmente obtenibles. Como resultado de este estudio se llegó a la conclusión de que el material más apropiado para sustituír los paneles contrachapeados era el bambú cuyas características físicas eran superiores y su disponibilidad casi ilimitada.

4.1.1.2 Resistencia del Bambú en comparación con Otros Materiales Empleados en la Construcción de Aviones.

El bambú es bien conocido por su flexibilidad. La relación entre su resistencia a la flexión y su peso es mayor que la de las maderas más comunmente utilizadas en la construcción de aviones y puede compararse a las del acero cromo-molibdeno y a las aleaciones de aluminio que son dos materiales utilizados en partes sometidas a alta tensión en la construcción de aviones metálicos. Bajo flexión, tensión o compresión, el bambú de forma tubular puede soportar grandes cargas.

Los siguientes son los promedios de la relación entre la resistencia a la flexión y el peso de varios materiales, comunmente utilizados en la construcción de aviones, en comparación con las cintas de bambú.

4.1.1.3 Preparación del Bambú.

El primer problema que se encontró al utilizar el bambú, como material de recubrimiento de aviones, fué en su preparación para darle una forma lo suficientemente flexible que permitiera trabajarlo y moldearlo al cuerpo de la estructura del avión. Este problema se solucionó adoptando una de las formas de tejido de bambú que se conoce en Filipinas con el nombre de SAWALE, del cual existen diferentes tipos según su aplicación, que varían en el espesor y el ancho en que se utilice la cinta o faja de bambú. Para esta investigación se utilizó un tejido con cintas de bambú de 1 centímetro de ancho en promedio y un espesor variable entre 0.6 y 1.2 mm. con las que se elaboraron paneles o esteras de 2 x 0.50 metros con las cintas tejidas a 45 grados. Al tejido de sawale utilizado en este experimento se le denominó WOBEX (Woven Bamboo Experimental)(tejido experimental de bambú).

Las cintas de bambú para hacer el sawale se obtuvieron de dos especies de bambú: *Bambusa espinosa* Roxb. y la *Bambusa vulgaris* Schrad, conocidas en Filipinas con los nombres de "Kawayan" y "Kawayan—kiling" respectivamente, que son las especies más abundantes y más ampliamente distribuidas en dicho país.

Los tallos de bambú de paredes delgadas e internudos largos se cortaron preferiblemente durante la estación seca comprendida entre Diciembre y Mayo, después de lo cual se dejaron sazonar por algún tiempo con el fin de prevenir la contracción y el ataque de los insectos en el producto terminado. Una vez sazonados, los tallos se rajaron radialmente y las tiras así obtenidas se rebanaron tangencialmente, utilizando para las cintas sólo la parte intermedia del espesor de la pared.

TABLA 4.1.1.2—A Promedio de relación entre la resistencia a la flexión y el peso de varios materiales comunmente utilizados en la construcción de aviones.

MATERIAL	g/cm^3	Kg/cm^2	Cm^{-1} x10^3
Aleación de aluminio 17ST	2.78	3.880	1.395
Aleación de aluminio 24ST	2.78	4.350	1.565
Acero al carbono 1025	7.87	3.880	493
Acero cromo—molibdeno X 4130	7.87	6.700	852
Acero inoxidable 18-8	7.87	6.480	823
Abeto (Spruce)	0.40	670	1.680
Abedul (Birch)	0.60	820	1.370
Abeto Douglas (Douglas Fir)	0.51	810	1.590
Cintas de Bambú	0.65	1.250	1.925

Tanto la parte interna como la epidermis se desecharon; la primera por ser poco resistente y la última porque la película lustrosa impide que haya adhesión entre las cintas o entre éstas y la madera. A pesar de que el tejido sawale pudo hacerse utilizando cualquiera de los métodos empleados en la fabricación de sombreros, canastas, sillas, etc., el que mejor se adaptó para el recubrimiento de aviones fué el tejido diagonal en el que las cintas forman un ángulo de 45 grados con respecto a la horizontal del eje del avión. Este método evita cortar mucho material de los paneles y además es el que mejor se adapta para soportar los esfuerzos cortantes que se presentan en el recubrimiento.

Una vez terminados los paneles y antes de utilizarlos se les dió un tratamiento preventivo contra el ataque de insectos, sumergiéndolos en agua salada durante un período de 48 a 60 horas. Posteriormente se lavaron con agua potable y se dejaron secar.

4.1.1.4 Aplicación.

Para el primer experimento se utilizó el avión de pruebas XL—14 Maya, del Instituto de Tecnología del cual se recubrió el fuselaje completo, con una sola capa de tejido.

En la preparación de los paneles el tejido se hizo apretado y plano formando una superficie lisa. Posteriormente, en lugar de una prensa que no disponía el Instituto se colocó sobre el tejido una pletina metálica cargada en su parte superior con pesas de hierro con el fin de alisar más el tejido.

Para evitar que los bordes tejidos se separaran se les aplicó una capa de pegante con una brocha en la porción que se iba a cortar posteriormente. El tejido se cortó en paneles de tamaño apropiado con la ayuda de moldes y se fijaron luego a la estructura del avión por medio de un pegante y puntillas, traslapando las uniones. Una vez colocados los paneles, se le aplicó a la superficie total una delgada capa de pegante lo suficientemente licuada para que penetrara bien dentro del tejido, con el propósito de aumentar la rigidez del material y al mismo tiempo evitar que las cintas se deslizaran una sobre otra, cuando empezaran a actuar las cargas de presión durante el vuelo.

Para emparejar y alisar la superficie áspera exterior del tejido, se aplicó sobre éste un revestimiento consistente en una mezcla húmeda de pegante y polvo fino de maderas blandas después de lo cual se lijó la superficie y se le aplicó el terminado especificado usualmente para aviones, consistente en 3 capas de nitrato de celulosa aplicadas con brocha.

Después de aplicada la tercera capa se le dió una lijada muy superficial. A continuación se aplicaron 3 capas de aluminio pigmentado como terminado final. La superficie interior del tejido fué pintada con dos capas de barniz.

El terminado de la superficie externa del tejido puede mejorarse aplicando como recubrimiento una delgada tela. Esto se ensayó en la

Vista interior del avión experimental XL — 14 Maya en la cual puede observarse claramente el tejido de bambú, que fue recubierto con varias capas de barniz.

superficie horizontal de la cola y en la porción de la nariz de las superficies de control. Este procedimiento elimina la necesidad de utilizar el recubrimiento, además le da a la superficie una mejor protección contra el mal tiempo. El aumento de peso con esta aplicación es muy poco y no se tiene en cuenta.

En general, dos o más capas de tejido de bambú pueden prensarse o laminarse aplicando entre ellas un pegante apropiado. El pegante usado en el avión fué una resina plástica resistente al agua, conocida comercialmente con el nombre de "Weldwood".

Con relación al número de capas, el tejido puede hacerse de cualquier tamaño y forma, especialmente si se va a utilizar como recubrimiento en los aviones. Puede ser doblado fácilmente sometiendo el material al vapor o humedeciéndolo.

La máxima dimensión de los paneles utilizados en el avión de investigaciones XL—14 Maya fue de 25 x 25 cms. y el promedio de los paneles rectangulares fué de 18 x 40 cms.

Fotografía exterior del avión Maya XL – 14 en la cual puede observarse el tejido de bambú recubierto con varias capas de pintura protectora.

4.1.1.5 Características del Diseño.

Ya sea en capas dobles o sencillas el tejido de bambú puede usarse para cantileveres y como recubrimiento en la construcción de todo tipo de avión liviano, adaptado a una estructura de madera. Además puede utilizarse para cubrir las alas, fuselaje y superficies de control como sustituto de tableros multilaminares. En el avión XL—14 Maya el tejido se utilizó en una sola capa para recubrir totalmente el fuselaje, asegurándolo a la estructura de madera por medio de pegantes y puntillas y en la porción de la nariz de las superficies de control para soportar los esfuerzos de torsión.

En las investigaciones posteriores en que se utilizó el avión L—15 TAGAK, el tejido se aplicó en las siguientes partes:

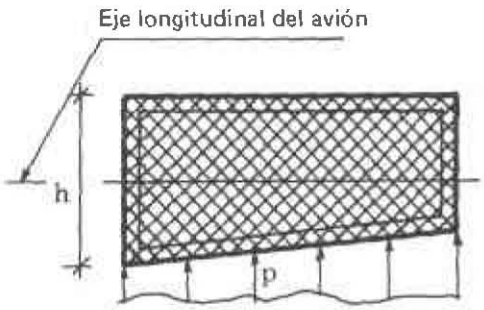
1. Como recubrimiento de la mitad de los "booms" de la cola.
2. Como cubierta de la porción de la nariz en todas las superficies de control.
3. Como recubrimiento parcial del fuselaje.
4. Como recubrimiento de refuerzo en la porción de la nariz de las alas.

La distribución de la estructura formada por las cintas de bambú, se hizo en el cuerpo de los aviones siguiendo el principio de la llamada construcción "geodésica", que ha sido utilizada en la construccion de dirigibles y de estructuras de aeroplanos por la Vickers Wallis.

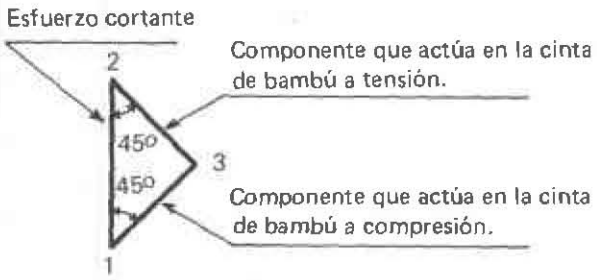
Generalmente la estructura del avión está formada por cintas o bandas metálicas colocadas en espiral alrededor y de un extremo al otro del fuselaje, de tal manera que una banda va hacia la derecha y la otra hacia la izquierda, formando un ángulo de 90 grados, con lo que se logra que todo el sistema forme un tejido rígido metálico que no necesita de refuerzos adicionales.

Siguiendo el mismo principio, se colocaron las cintas de bambú formando un recubrimiento externo muy fuerte y ajustado, sin embargo, debido a que no están tensionadas, necesita de tabiques o soportes para soportar flexiones. Los esfuerzos normales cortantes como los de torsión son absorbidos por el tejido de bambú, transformando los primeros en fuerzas que actúan en tensión y compresión en cada una de las cintas. Generalmente cuando un panel plano está sujeto a esfuerzos cortantes, el efecto del esfuerzo cortante se traduce en tensión a lo largo de una de las diagonales del panel y de compresión a lo largo de la otra, como se indica en la figura. Las fuerzas en la dirección de la compresión hace que el panel tienda a flectarse lateralmente y en el caso de que estas sean demasiado fuertes se forman ondas o

pandeos a lo largo de las líneas diagonales, en el sentido normal a las componentes de compresión en el panel o a 45 grados en la dirección del esfuerzo cortante. Debe tenerse en cuenta que los paneles delgados están propensos a flectarse debido a la compresión. Como puede observarse en la figura, la cinta de bambú que normalmente actúa como una columna de longitud determinada se transforma en varias columnas cortas bajo la compresión que hacen las cintas del tejido diagonalmente opuestas al estar sometidas a una fuerza de tensión. Esto tiene el efecto directo de reducir la relación de esbeltez de las columnas originales, aumentando directamente el valor de la carga crítica de pandeo en el miembro sometido a compresión. Las cintas diagonales colocadas a 45 grados son muy efectivas bajo la carga de tensión y el bambú tiene una resistencia a la tensión relativamente alta.



Panel con los bordes fijos, sobre el cual actúa la carga repartida "p"



En las condiciones anotadas anteriormente el esfuerzo máximo permitido para las cintas que se asume actúan bajo compresión en la dirección 3—1 (ver figura), puede determinarse aplicando la siguiente ecuación; ANC—18 del Forest Laboratory Product para columnas cortas:

$$\sigma_c = \sigma_{cu}\left[1 - \frac{1}{3}\left(\frac{L'}{Kp}\right)^4\right]$$

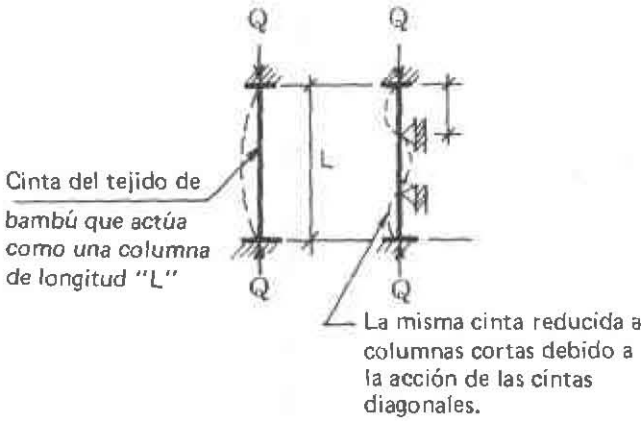
donde:

σ_c = Esfuerzo de compresión desarrollado a lo largo de las cintas diagonales.

σ_{cu} = Esfuerzo de compresión final paralelo a la fibra de bambú con nudos.

$L' = \frac{L}{\sqrt{C}}$ donde C es el factor de fijación y puede ser igual a 1.5

$K = \left[\frac{L'}{p}\right]_{cr}$ Constante empírica con "p" como radio de giro.



Todas las fuerzas asumidas, que afectan el recubrimiento de bambú en el avión XL—14 , ya sean esfuerzos cortantes normales o fuerzas combinadas, se basaron en las condiciones de carga especificadas en la Civil Air Regulations, Parte 3, para aeroplanos indicados en la categoría de servicio.

La comparación entre el cálculo de las propiedades del material hecho por medio de los métodos anotados anteriormente y el de los esfuerzos permisibles obtenidos por ensayos estáticos reales, dieron valores de mucho mayor resistencia para el método de ensayo; ésto se debe al hecho de que las cintas están más o menos reprimidas en toda su longitud por el pegante y el revestimiento aplicados.

Los paneles pequeños con marcos rígidos deben tratarse como vigas Wagner. Asumiendo que el tejido se pandea inmediatamente después de la aplicación de cargas cortantes y que solamente los esfuerzos resistentes a las fuerzas cortantes son los esfuerzos de tensión que actúan a 45 grados en tensión diagonal de las tiras y considerando los marcos rígidos fijos paralelamente con rebordes y soportes verticales, debe aplicarse la siguiente ecuación:

$$\sigma_T = \frac{2\,Q}{h\,t} \cdot \frac{1}{\operatorname{sen} 2\alpha}$$

donde:

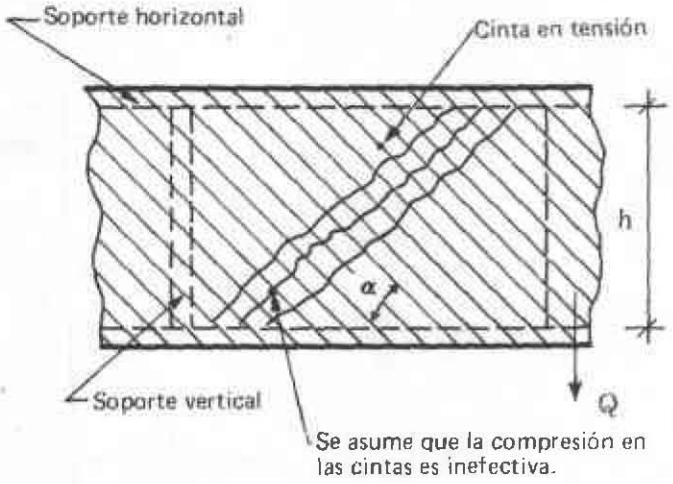
σ_T = esfuerzo de tensión diagonal en las tiras.

Q = esfuerzo cortante aplicado.

t = espesor del tejido.

h = altura efectiva del tejido.

a = ángulo entre la cinta diagonal y el eje de referencia.



4.1.1.6 Conclusiones y Anotaciones.

Los estudios y observaciones realizados han demostrado que el Wobex es un buen substituto como material rígido para la porción de la nariz de las superficies de control y para las alas del avión.

Utilizándolo en una sola capa, tiene la ventaja de ser fácilmente trabajable, liviano económico y durable. Siendo un derivado de una planta tropical es el que mejor se adapta a las condiciones climáticas locales. Entre los ensayos que se realizaron, el avión XL—14 fué expuesto durante más de 4 semanas a severas condiciones del tiempo en la estación de las lluvias sin que su material sufriera efectos adversos. Tres años después de su construcción tampoco mostró trazos de deterioración ni de haber sido atacado por los insectos.

Una vez durante los ensayos de carreteo y decolaje, el avión accidentalmente cayó desde una altura de 10 pies (3 metros) sobre el piso. El avión no sufrió ninguna falla estructural excepto en el tren de aterrizaje, lo que fué facilmente solucionado. El piloto informó que tenía muy buenas características de amortiguamiento contra impactos como también muy buenas cualidades en la absorción de sonidos.

El wobex es bastante fuerte y su resistencia a la fatiga bajo esfuerzos de flexión es mucho mayor que el de la madera. No tiene cualidades magnéticas y por ello puede ser muy útil en aviones destinados a usos especiales. No es corrosivo por lo tanto es un material ideal para hidroaviones.

La existencia del bambú es casi ilimitada y hay otros campos para su uso y desarrollo. Por ejemplo: Se iniciaron estudios sobre la posibilidad de emplear bambú laminado en el tren de aterrizaje de aviones livianos. Las buenas características de flexión del bambú le permiten servir como un resorte absorbiendo los impactos del aterrizaje. Esto eliminaría la necesidad de usar accesorios adicionales absorbentes del impacto, en el sistema del tren de aterrizaje.

El uso del bambú y su aplicación en el recubrimiento de aviones es económico, pues no se necesita maquinaria costosa ni se requieren técnicas especiales por lo tanto, para aviones pequeños, de uso local, puede ser una buena fuente como material de construcción.

Avión experimental Tagak en el cual se utilizó el bambú para recubrimiento del fuselaje, "booms" de la cola y de la nariz, tanto de las alas como de la superficie de control.

4.1.1.7 Propiedades Físicas de los Paneles.

Las siguientes son las características de resistencia de los paneles tejidos de bambú utilizados en la construcción del avión L—14.

a. Promedio de la dimensión de las tiras utilizadas.

Espesor	0.6	a	1.2 mm
Ancho	12	a	18 mm
Longitud de los internudos	35	a	45 cms
Peso específico	0.6	a	0.8 g/cm^3
Contenido de humedad	12%	a	15%

b. Peso del panel

Peso del panel tejido	1.2	a	1.3 Kg/m^2
Cubierto con revestimiento y terminado	1.55	a	1.75 kg/m^2
Cubierto con tela y terminado	1.7	a	1.95 Kg/m^2

c. Resistencia a la tensión de las cintas

Máxima	1.830 Kg/cm^2
Promedio con nudos (seleccionados)	1.330 Kg/cm^2
Mínimo con nudos (mezclados)	635 Kg/cm^2

d. Esfuerzo cortante de los paneles

Cintas colocadas a 90º	110 Kg/cm^2
Cintas colocadas a 45º	245 Kg/cm^2

e. Esfuerzo de flexión de las cintas

Máxima	1.500 Kg/cm^2
Promedio con nudos	850 Kg/cm^2

f. Esfuerzo de compresión de las cintas

Promedio		365 Kg/cm^2
Mínimo		250 Kg/cm^2
Módulo de elasticidad	2x10^5 a	3x10^5 Kg/cm^2

g. Resistencia del pegante al esfuerzo cortante entre el bambú y la madera

Seco	Máximo	40 Kg/cm^2
	Promedio	33 Kg/cm^2
	Mínimo	26 Kg/cm^2
Húmedo - promedio		de 20 a 22 kg/cm^2

h. Resistencia del pegante al esfuerzo cortante entre 2 caras del bambú (fibras paralelas)

Seco	Máximo	48 Kg/cm^2
	Promedio	39.5 Kg/cm^2
Húmedo		27 a 30 Kg/cm^2
Trabajabilidad		Buena
Disponibilidad		casi ilimitada

4.2 INGENIERIA CIVIL

4.2.1 PUENTES COLGANTES CON CABLES DE BAMBU

4.2.1.1 Historia

La historia de los puentes colgantes es muy incierta y sólo existen algunos hechos y fechas que comprueban su antigüedad, como la mención que de ellos se hace en la literatura China en los relatos que escribió un monje budista llamado Fa Hsien sobre su peregrinación a los lugares sagrados de la India, que realizó en el año 399 D. C. utilizando la ruta de Gobi, por donde se hacía el antiguo comercio de la seda. El paso del río Indus lo describe en la siguiente forma:

> *"Continuando el recorrido, la caravana viajó en dirección sur oeste durante 15 días a través de caminos y precipicios peligrosos. La montaña por un lado era como una pared de piedra de 10.000 pies de altura. Con la proximidad del precipicio, la mente se hacía más confusa, a pesar del deseo de avanzar, los pies no encontraban lugar para apoyarse. Abajo había un río llamado Indus. Para llegar hasta el río, los antiguos habían labrado en la roca grandes escalones que se comunicaban entre sí por medio de escaleras de mano. Después de bajar 700 escalones labrados en la roca, se cruzaba el río por un puente suspendido con cuerdas. Las orillas del río estaban separadas un poco menos de 80 pasos. De acuerdo con los informes de los Nueve Intérpretes, ni Chang Ch'ien ni Kan Ying, de la dinastía Han llegaron a este punto".*

A pesar de que la narración de Fa Hsien y otros informes posteriores, han servido de base para creer que los primeros puentes colgantes fueron construidos por las tribus que vivían en las montañas al sur del Himalaya; existen otras teorías que acreditan a los chinos como los primeros constructores de puentes de este tipo, que por la misma época existían entre China y el Tibet. Lo más curioso de todo es que ambos tenían condiciones topográficas muy similares; utilizaron como material común cables hechos de bambú y a pesar de estar relativamente próximos emplearon técnicas de construcción completamente diferentes. Si un tipo de puente tuvo alguna influencia sobre el otro pudo haber sido indirectamente a través de las informaciones que pasaron de una tribu a otra.

En China los constructores de puentes dibujaban los planos de éstos sobre una pared blanca, que se levantaba en el sitio donde se iba a efectuar la construcción. (Reproducido de Chinese Bridges —38).

4.2.1.2 Los Cables de Bambú - Su fabricación y Aplicación en la Ingeniería.

Los cables de bambú tienen gran importancia en la historia de la ingeniería por haber sido el primer elemento estructural empleado por el hombre en la construcción de los primeros puentes colgantes. Su confianza en la resistencia de estos cables llegó a ser tan grande que con ellos logró construir puentes colgantes que cubrían distancias superiores a los 75 metros, sin soportes centrales, logrando así superar las barreras naturales de grandes precipicios y ríos profundos que impedían la intercomunicación entre China y el Tibet y en el Himalaya. Algunos de estos puentes, como se explicará más adelante, estaban suspendidos entre dos pesadas casetas en las cuales existía un ingenioso sistema de cabrestantes formado por columnas rotatorias, que permitía tensionar los cables del puente en la misma forma como se tensionan las cuerdas de un violín

En muchos aspectos, los cables de bambú tienen mayores ventajas que los elaborados con otras fibras vegetales, particularmente en lo que se refiere a su resistencia a la tensión, al desgaste y a su característica de soportar en mejor forma la humedad y la abrasión, por lo cual son también muy utilizados en China en el remolque de juncos contra la corriente de ríos navegables y en China Occidental tanto para perforar pozos de sal, como para bombear la salmuera, empleando un transportador de tubos de bambú asegurados a un cable también de bambú.

En China se fabrican dos tipos de cables; uno por torción y el otro trenzado. Los cables hechos por torción se hacen utilizando los mismos sistemas y elementos que se emplean comunmente en la elaboración de cables con fibras vegetales que consiste en retorcer conjuntamente largas tiras de bambú. Las cuerdas o cables resultantes pueden llegar a tener de 20 a 30 centímetros de diámetro. Cables de este tipo llamaron la atención de Marco Polo quien los describe en la siguiente forma:

> *"Ellos tienen cañas de 15 pasos de longitud que rajan en toda su longitud en piezas muy delgadas que luego se tuercen juntas, formando cuerdas de 300 pasos de longitud. Son tan bien hechas que pueden ser igualmente resistentes como las cuerdas hechas de cáñamo".*

Los cables trenzados están compuestos de dos partes; una que forma el núcleo para el cual se utilizan tiras de bambú que corresponden a segmentos tangenciales del tallo en los que se ha suprimido tanto la epidermis como la parte blanda interna. Alrededor de este núcleo se hace un tejido en trenza con cabos o tiras largas de bambú sacados de la parte externa del tallo, que contienen mayor cantidad de sílice. El espesor de las tiras es un poco mayor de 3 mm. (1/8"). Posteriormente cuando la cuerda se somete a tensión, el tejido externo trenzado se ajusta al núcleo. Estos cables generalmente tienen un diámetro de 5 cms. (2"). En puentes colgantes de grandes dimensiones, los cables que se emplean están formados por 3 o más cables trenzados retorcidos.

Fugl—Meyer dice que en los ensayos de tensión que se hicieron con cables trenzados, las tiras que forman el núcleo se reventaron primero, mientras que los trenzados que constituyen aproximadamente la mitad de la sección transversal mostraron una gran resistencia, rompiéndose con una carga de 26.000 lbs/pulg^2. Según los datos obtenidos un cable común de 5 cms. de diámetro puede soportar una carga de 4 toneladas.

En los ensayos realizados por Bauman sobre la resistencia de las diferentes capas que conforman la pared de un tallo de bambú, encontró que las capas exteriores mostraban una resistencia a la flexión de 36.000 lbs/pulg², mientras que en las interiores la resistencia fué de 13.500 lbs/pulg². A la tensión las capas exteriores dieron un máximo de 47.000 lbs/pulg² y las interiores sólo 23.000 lbs/pulg². Ello demuestra por qué en la elaboración de cables de bambú sólo se emplea la capa exterior.

Los cables trenzados son más durables y tienen mayor resistencia a la tensión que los cables torcidos. Además tienen la ventaja de que por ser su tejido abierto, se impregna menos de agua y se seca más rápidamente después de haber sido sumergido; por esta razón se emplea para remolcar juncos contra la corriente de ríos navegables.

Por otra parte cuando uno de sus cabos o tiras de bambú se daña o desgasta, puede ser reemplazado fácilmente. Los cables demasiado viejos y gastados que deben descartarse, se cortan en tramos cortos y se emplean como antorchas.

Cables delgados o cuerdas de bambú retorcido se emplean también en trabajos temporales, por ejemplo: para amarrar varias trozas. de madera o tallos de bambú que van a ser transportados por agua.

4.2.1.3 Puentes Colgantes del Himalaya.

Los Puentes Colgantes del Himalaya parecen ser producto de una civilización primitiva. No tienen el mismo acabado ni la apariencia de los puentes chinos pero el sistema constructivo empleado es mucho mejor desde el punto de vista de la Ingeniería.

Están formados estructuralmente por dos cables principales de bambú colocados paralelamente de un extremo al otro por encima del puente. El puente está constituído por una plataforma angosta colgada de los cables principales y construida de una orilla a la otra, en línea casi horizontal o formando una curva mucho más suave que la de los cables principales. La plataforma está asegurada de los cables principales por cuerdas verticales de bambú que luego pasan de un lado al otro por debajo de la plataforma uniendo los cables principales.

El dibujo da una idea de la forma como se construyeron en el Himalaya los primeros puentes colgantes

4.2.1.4 Puentes Colgantes de China.

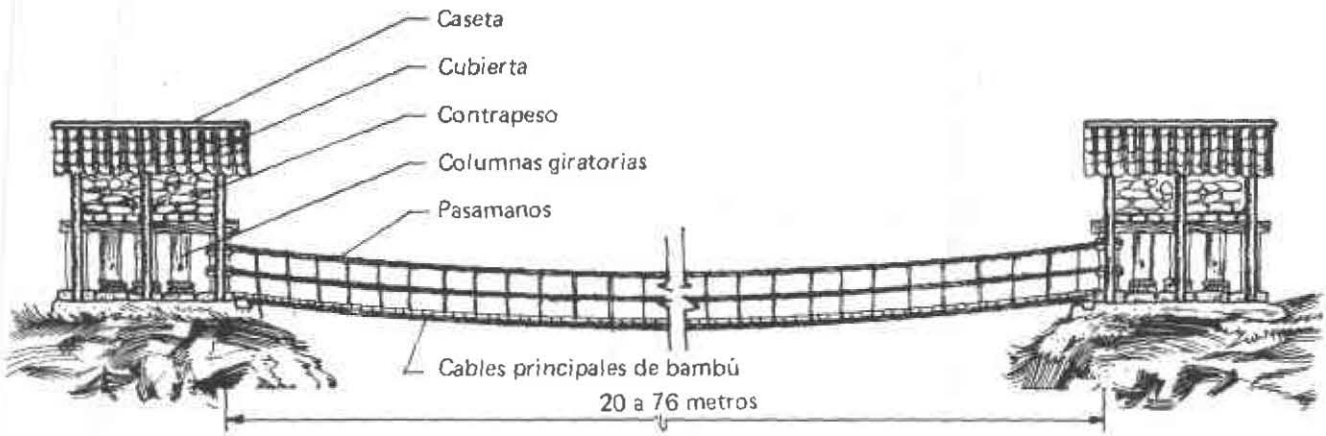
En los puentes colgantes de China, se aplicaron los mismos principios que se empleaban en la construcción de puentes de madera, o sea que la plataforma del puente no era colgada como en los puentes del Himalaya sino que descansaba directamente sobre una serie de grandes cables de bambú tendidos longitudinalmente, sostenidos en sus extremos por un ingenioso sistema de cabrestantes formado por columnas giratorias. Este método de construcción fué empleado en diversos tipos de puentes para cubrir distancias o luces hasta de 76 metros, como se describe a continuación.

Además de los anteriores existían en China, en vías o lugares de menor importancia, otros tipos de puentes colgantes consistentes en uno o dos cables de bambú que eran empleados separadamente para el paso de personas a pie o colgadas y para sostener botes trasbordadores.

Es interesante anotar que la mayoría de estos puentes eran construidos por sociedades formadas por los habitantes de una localidad o región, que cobraban para su mantenimiento un peaje por cruzarlos. La tarifa era muy baja para los vecinos de la región y a veces tan alta para los extraños del lugar que con frecuencia sólo después de un prolongado regateo se convenía un precio razonable.

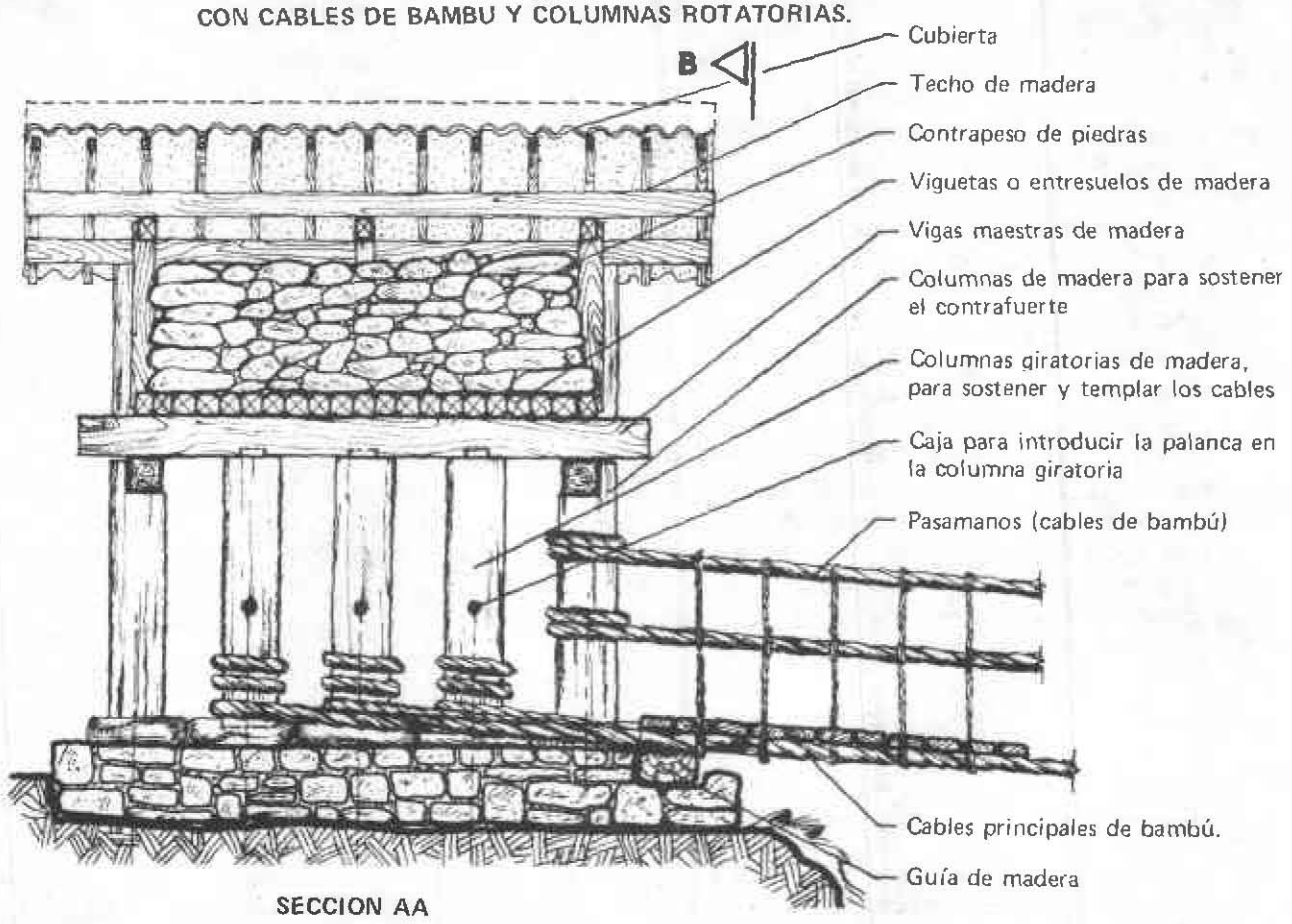
a. Puentes Colgantes con Dos Apoyos.

La mayoría de los puentes Colgantes que existían en China y particularmente los localizados entre China y el Tibet, se construyeron entre dos apoyos con una luz o separación variable entre 20 y 76 metros (130 y 250 pies). Cada uno de los apoyos estaba formado por una pesada caseta construida al borde del abismo sobre una base de piedra, que servía como contrafuerte y para sostener los cables de bambú trenzado que soportaban el puente. Las casetas tenían debajo de su techo un gran contrapeso formado por piedras y sostenido por columnas, o en algunos casos por muros laterales de piedra. Dentro de las casetas y paralelamente a estos muros o de las columnas que sostienen el techo, se colocaban debajo del contrapeso, 2 hileras de columnas de madera de gran diámetro en cada una de las cuales se amarraba un cable del puente, que se tensionaba haciendo girar la columna sobre su eje vertical, en la misma forma como se tensiona la cuerda de un violín con una clavija; sólo que en este caso se introducía una barra por uno de los huecos que tenía la columna y

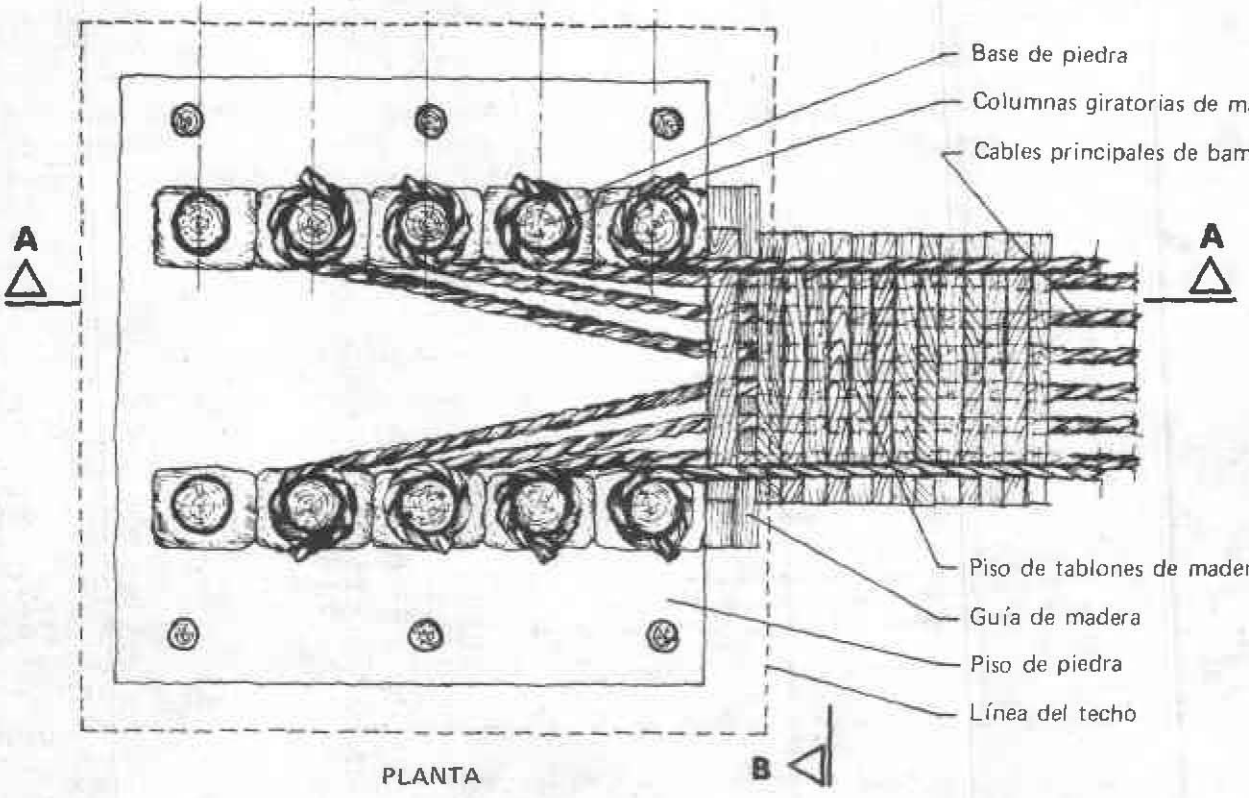


Puente colgante construido con cables de Bambú

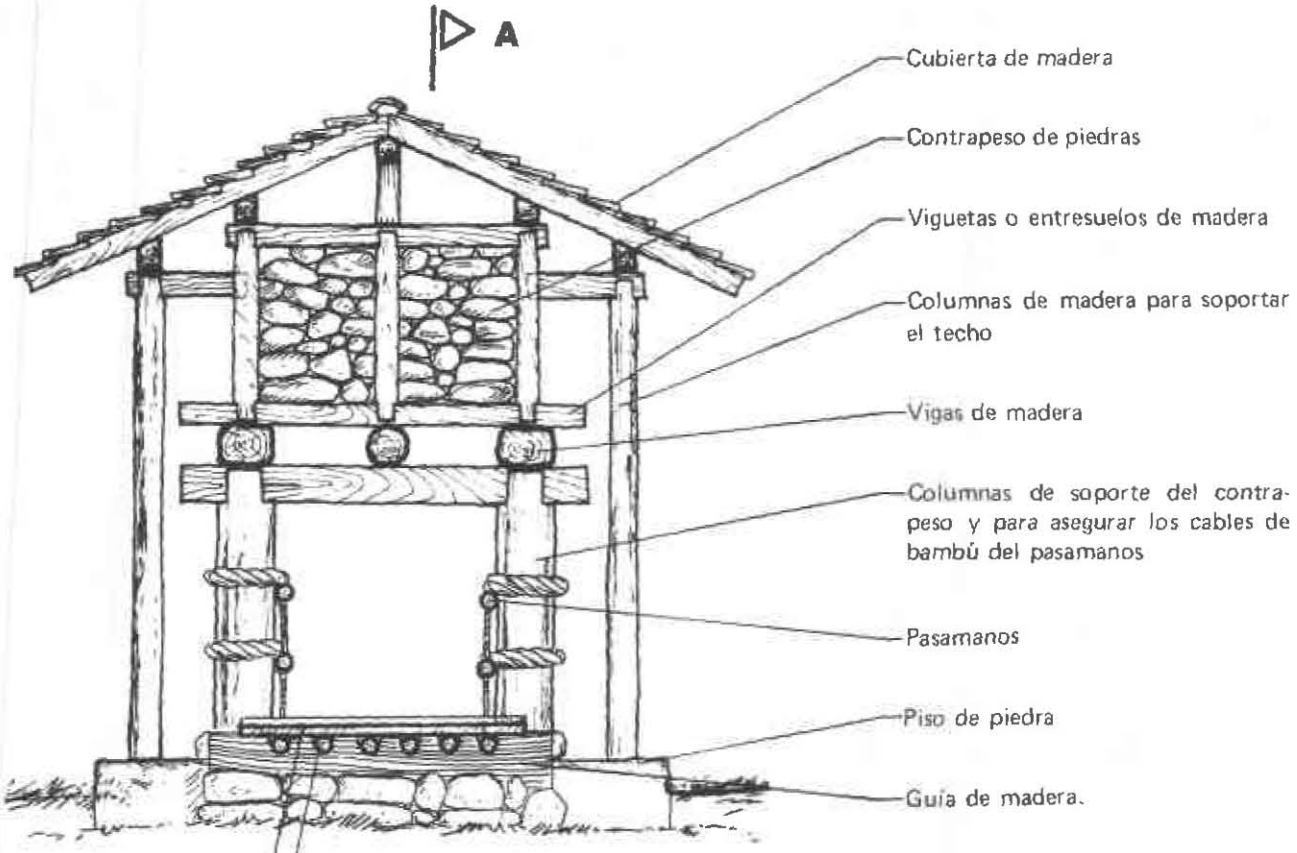
DETALLE 4.2.1.4–A SISTEMA DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE COLGANTE CON CABLES DE BAMBU Y COLUMNAS ROTATORIAS.



SECCION AA



PLANTA



SECCION BB A

se hacía girar con la fuerza de varias personas. El contrapeso evitaba que las columnas se salieran de su base.

Los cables del puente al llegar a la caseta pasaban por una guía de madera antes de ser amarrados a las columnas, con el fin de que conservaran una distancia igual en el puente y no se desplazaran hacia un lado.

Cuando los cables comenzaban a deteriorarse se reemplazaban por cables nuevos y los viejos se empleaban como pasamanos, amarrándolos de las columnas de la caseta más próxima al puente y se unían verticalmente por medio de cuerdas. La altura del pasamanos variaba entre 1,50 y 1,80 metros. El piso del puente por lo general estaba formado por tablones de madera amarrados a las cuerdas de bambú que pasaban por su parte inferior.

Caseta de un viejo puente colgante de China en la cual pueden observarse: las columnas que soportan el techo, las que soportan el contrapeso de piedra y las rotatorias que se emplean para templar los cables del puente. (Reproducida de Chinese Bridges, 38).

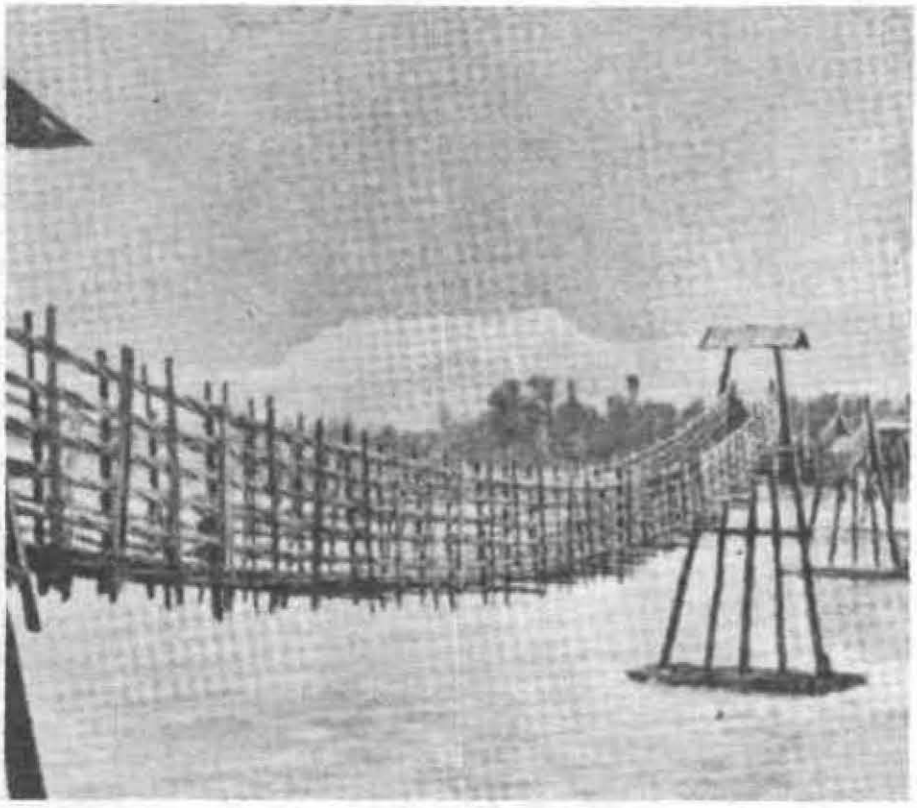
b. Puentes Colgantes con Varios Apoyos.

Con el fin de intercomunicar prósperas regiones de China que se encontraban aisladas por grandes ríos, se hizo necesaria la construcción, de largos puentes colgantes con soportes intermedios, de los cuales el que constituye la más famosa obra de ingeniería es el puente An—lan Chiao construido sobre el río Min en el camino que conduce de Kuan Hsien a Monkong Ting en la provincia de Szechuen. Este puente tiene una longitud aproximada de 225 metros sostenido por 5 soportes intermedios y dos extremos, con luces o separaciones variables de las cuales la mayor tiene 60 metros. El puente tiene un ancho de 2,75 mts. sostenido por diez cables de bambú de 17 cms. de diámetro, unidos la mayoría de las veces por clavijas de madera. Cada pasamanos tiene 5 cables de igual dimensión unidos verticalmente con barrotes de madera colocados en la parte interna y externa de las cuerdas. Los cables que soportan el puente se reemplazan anualmente por nuevos y los viejos o usados se utilizan como pasamanos.

Uno de los soportes o estribos centrales está construido en mampostería de granito, coronado por una torre decorativa, con un techo sostenido por una estructura de madera. Los otros soportes intermedios son de madera colocados sobre bases construidas en el lecho del río para evitar que sean arrastrados por la corriente. Las casetas que rematan este puente están construidas en mampostería de granito y en ellas se encuentra el sistema de columna rotatoria o cabrestante, que se explicó anteriormente.

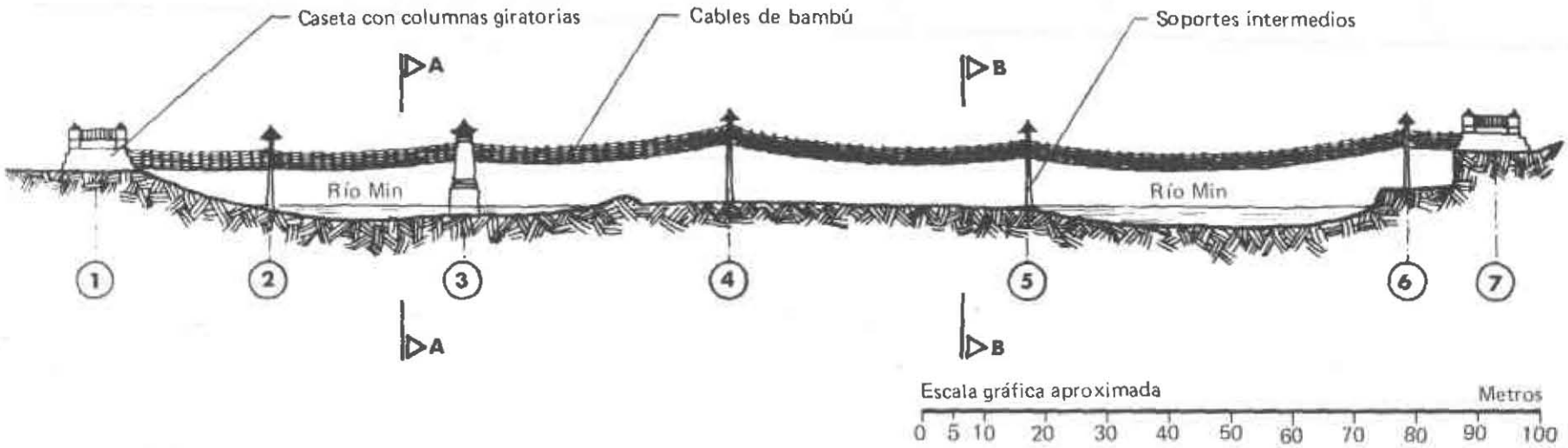
El piso del puente es de tablones de madera, amarrados en sus extremos a los cables inferiores. Es importante anotar que toda la estructura del puente está unida por medio de amarras y no se emplearon clavos ni piezas metálicas.

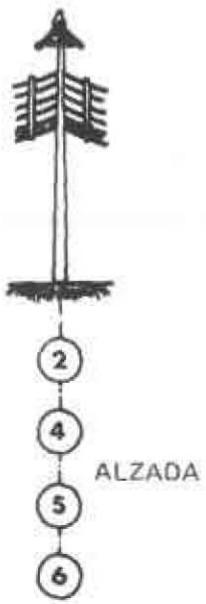
Estampilla china que muestra parte del puente colgante con cables de bambú construido sobre el río Min en la provincia de Szechuen, China.



Vista del puente colgante construido sobre el río Min en la provincia de Szechuen, China. Hasta hoy ha sido el puente colgante más largo construido con cables de bambú. Tiene una longitud aproximada de 225 metros, con 5 soportes intermedios, y dos extremos en los cuales se encuentran las columnas giratorias. (Reproducido de The Architecture of Bridges).

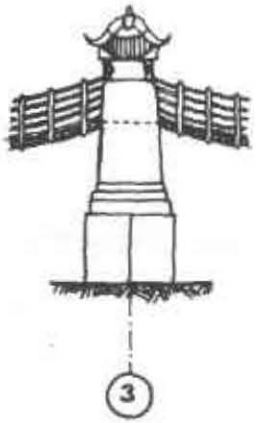
DETALLE 4.2.1.4–B PUENTE COLGANTE SOBRE EL RIO MIN, SZECHUEN, CHINA CONSTRUIDO CON CABLES DE BAMBU



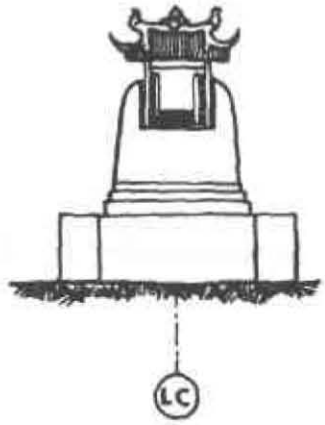


ALZADA

SECCION TRANSVERSAL **B B**



ALZADA



SECCION TRANSVERSAL **A A**

SOPORTES INTERMEDIOS

Escala gráfica aproximada Metros
0 10 20

c. Puentes Colgantes de Dos Cables.

El puente colgante de dos cables de bambú era muy utilizado en China para cruzar ríos o abismos en lugares en donde el tráfico peatonal era reducido. El puente consistía en dos cables de bambú colocados paralelamente uno encima del otro. El cable inferior que, en algunos lugares se utilizaba doble, se empleaba como pasarela y el superior que pasaba por encima de la cabeza del peaton, como pasamanos.

Es muy posible que este tipo de puente fuera el origen de los puentes colgantes vistos anteriormente, pero también pudo desarrollarse como una simplificación de ellos.

d. Puentes Colgantes de Un Cable.

En lugares de poco tráfico, se empleaban en China varios tipos de puentes colgantes de un solo cable de bambú, a través de los cuales los peatones, animales y carga se pasaban colgados de un lado al otro o en canastas que se deslizaban colgadas del cable.

Cuando se empleaban canastas de bambú, el cable se colocaba horizontalmente entre 2 cabrias de 3 patas colocadas a cada lado del abismo. La canasta con capacidad para dos personas, se amarraba a una especie de argolla de madera que se deslizaba en el cable al ser ésta tirada del lado opuesto por medio de una cuerda.

El otro sistema de puente que era mucho más rápido que el anterior, consistía en dos cables de bambú colocados en forma inclinada en dirección contraria. El extremo más levantado se aseguraba de una cabria y el más bajo se amarraba de las rocas, un poco más allá de la orilla opuesta. El peatón pasaba de un lado a otro, en cualquiera de las dos direcciones amarrado a una argolla o yugo que se deslizaba sobre el cable inclinado.

El amarre se hacía con una cuerda que se cruzaba sobre el pecho, pasando luego por debajo de los muslos y asegurándose del cable por detrás de la nuca. Durante el recorrido el transeúnte por lo general llevaba un balde de agua para humedecer el cable adelante del yugo, con el fin de evitar que éste se quemara debido a la fricción. Las mulas y equipajes se pasaban en la misma forma, sólo que estos animales se amarraban separadamente con cables más gruesos de las patas delanteras y traseras.

e. Puente Transbordador.

En algunas partes de la China en donde existen ríos anchos y torrentosos se emplean transbordadores que son asegurados a un cable de bambú suspendido por encima del río entre dos cabrias colocadas en sus orillas opuestas.

4.2.1.5 Puentes Colgantes de la India.

Los Lakers es uno de los pueblos más famosos de la India por la forma ingeniosa como emplean el bambú, particularmente en la construcción de puentes colgantes y en la elaboración de trampas para cazar.

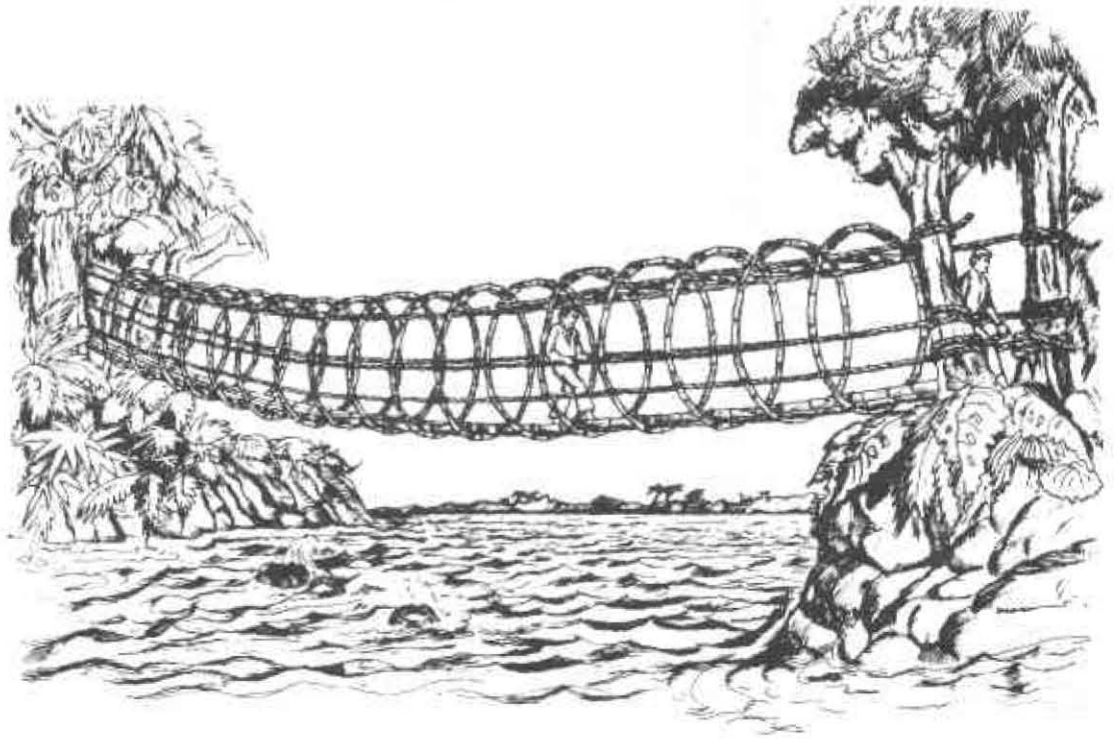
Los puentes colgantes que ellos llaman "Hleiri" los emplean para pasar ríos anchos y caudalosos. Su construcción es muy interesante por la forma como se aprovechan las cualidades físicas del bambú. Consisten en una serie de anillos formados por latas o tallos delgados de bambú o de una caña llamada "ari" (Calamus erectus Roxb.), dentro de las cuales se introduce un haz de cuerdas de bambú, cada una de las cuales se fija a una distancia determinada en la periferia de los anillos, que son colocados a lo largo del puente a una distancia variable entre 0.90 y 1,20 metros.

En la parte inferior como piso del puente, se utilizan 3 ó 4 bambúes colocados longitudinalmente, asegurados a la parte inferior de los aros. Los cables se fijan en las orillas de dos o más troncos de árboles. Para evitar el bamboleo del puente se colocan tensores laterales cada cierta distancia, que se fijan a los árboles o rocas laterales.

Entre los dos cables que pasan por la parte superior del aro se coloca una pieza de bambú para impedir que el aro se cierre con el peso de la persona.

DETALLE 4.2.1.5–A SECCION TRANSVERSAL

Dibujo de un puente colgante construido por los Lakers en la India. Consiste en una serie de anillos hechos de bambú dentro de los cuales se fijan periféricamente los cables de bambú que sostienen el puente.



PUENTE COLGANTE UNA VEZ TERMINADO

4.2.2 PUENTES RIGIDOS – SISTEMAS DE CONSTRUCCION

Los diversos tipos de puentes rígidos de bambú para uso permanente o transitorio que se describen a continuación tienen gran aplicación para el tráfico pesado, liviano o peatonal sobre ríos, hondonadas y en pasos elevados.

Vale la pena decir que de una apropiada combinación de los sistemas constructivos indicados pueden lograrse nuevos tipos de puentes.

Los detalles constructivos que se indican han sido desarrollados por el autor en base a diseños de puentes de bambú construidos en Asia por fuerzas militares inglesas, a esquemas de puentes que se construyen en Indonesia y a diseños propios.

Es importante anotar que de una apropiada aplicación del bambú dependerá tanto la estabilidad como la durabilidad del puente, por ello es muy conveniente tener en cuenta antes de iniciar la construcción las normas de tratamientos y de construcción que se indican en otra parte de este libro, ya sea que se trate de construcciones permanentes o temporales.

4.2.2.1 Puentes de Caballete.

Los puentes de caballete se emplean comunmente para pasos peatonales elevados o para tráfico pesado y liviano sobre ríos y hondonadas. Cuando se emplean sobre ríos poco profundos, el soporte inferior de cada uno de los caballetes debe descansar sobre pilas o muros de mampostería construidos sobre el lecho del río, con una altura mayor que la alcanzada por el nivel de las aguas en las máximas crecientes del río.

La capacidad de carga de estos puentes depende de la resistencia de los bambúes utilizados como miembros estructurales, del diseño y construcción de los caballetes, las vigas, la plataforma del piso y de la altura del puente.

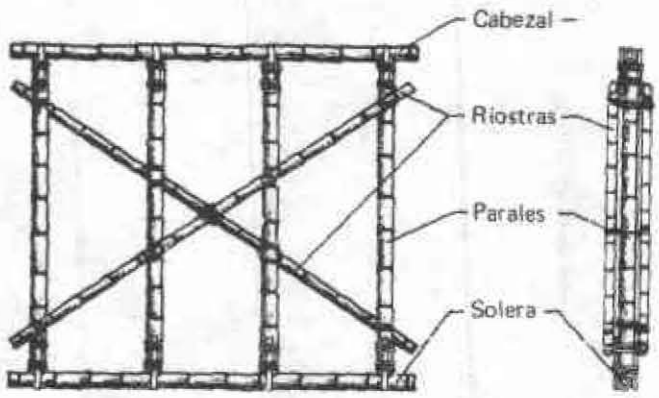
En la construcción de los caballetes deben emplearse bambúes con un diámetro igual o mayor de 10 centímetros y un espesor de pared igual o mayor de 1,5 centímetros.

a. Diseño de los Caballetes.

CABALLETE TIPO No. 1

Este tipo de caballete es apropiado para puentes de tráfico liviano que no tengan una altura mayor de 3 metros.

El caballete, de forma rectangular, consiste en un cabezal y una solera inferior que descansan sobre los extremos equidistantes de 4 parales que por tener el mismo diámetro se unen en una caja de dos orejas sobrepuestas, formadas por latas anchas de 70 cms. de longitud colocadas a lado y lado de los parales, que impiden que el cabezal o la solera se desplacen lateralmente. Cada uno de los caballetes lleva a los lados una riostra, colocada en cruz, que pueden dar mayor rigidez al caballete si sus extremos se prolongan y se amarran de los del cabezal y la solera, en la forma como se indica en el tipo No. 2. Las riostras pueden consistir en latas o tablillas anchas de bambú o de tallos delgados. El número de parales, que debe tener cada caballete depende del diámetro del bambú empleado y no se recomienda una separación mayor de 1 metro a no ser que se coloquen dobles.

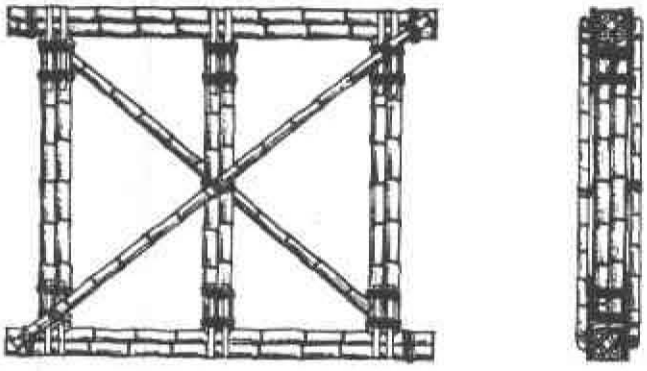


DETALLE 4.2.2.1–A Caballete tipo No. 1

CABALLETE TIPO No. 2

Para ser empleado en puentes de tráfico pesado con alturas hasta de 6 metros. El caballete está formado por 3 parales, constituido cada uno por 4 bambúes, como también el cabezal y la solera. Tanto los bambúes del cabezal como los de la solera, se mantienen en posición por medio de orejas sobrepuestas fijadas a los lados de los bambúes que hacen de parales.

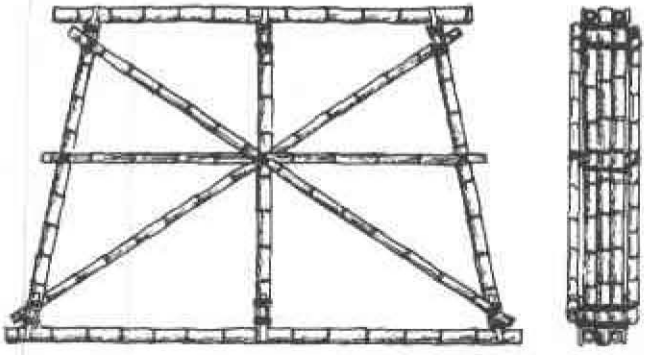
El arriostramiento se hace en igual forma que el anterior pero prolongado hasta los extremos del cabezal y de la solera.



DETALLE 4.2.2.1–B Caballete tipo No. 2

CABALLETE TIPO No. 3

Este tipo de caballete está formado por 3 parales, constituido cada uno por 3 bambúes en línea, de los cuales el del centro no soporta ninguna carga excepto la transmitida por las amarras. Su función es servir de soporte tanto a los parales laterales, para que no se flecten, como a los 2 bambúes que forman el cabezal y la solera.



ALZADA PERFIL

DETALLE 4.2.2.1–C Caballete tipo No. 3

Los parales laterales se inclinan hacia adentro en una relación de 1 a 3 lo que permite darle mayor estabilidad al puente cuando su altura es mayor de 4 metros y se emplee para tráfico pesado. El arriostramiento se coloca diagonalmente como en los caballetes vistos anteriormente. En el caso de que la altura del caballete sea mayor de 3 metros debe colocarse en el centro del caballete una riostra horizontal.

CABALLETE TIPO No. 4

El caballete tipo No. 4 es de forma rectangular constituido por 3 parales construidos en la misma forma del caballete No. 3, con la diferencia de que el bambú central se prolonga para servir de soporte al pasamanos del puente. Por otra parte los parales descansan directamente sobre bases de concreto o mampostería, unidos transversalmente por una solera central. Este tipo de caballete puede emplearse para puentes de tráfico pesado y puede tener alturas hasta de 7 metros.

b. Construcción del Puente de Caballetes

Los sistemas constructivos indicados en los 4 tipos de caballetes vistos anteriormente pueden combinarse de acuerdo a las condiciones existentes en el río u hondonada sobre el cual se vaya a construir el puente y según la aplicación que se le vaya a dar.

Es conveniente repetir que tanto para la construcción de los caballetes como para las vigas y piso del puente deben emplearse bambúes rectos, con un diámetro igual o mayor de 10 centímetros y un espesor de pared igual o mayor de 1,5 centímetros.

Los caballetes deben colocarse en lo posible en las zonas más altas del terreno o donde no haya la posibilidad de que el agua se encharque debajo de la solera, y pueda pudrirla; por ello es conveniente que ésta o los parales descansen sobre bases de concreto o mampostería de piedra o ladrillo.

La separación de los caballetes depende del número de bambúes empleados en las vigas y de su distribución. En las mejores condiciones, no se recomienda una separación mayor de 3 metros para puentes de tráfico pesado y de 5 metros para tráfico liviano.

A medida que se vayan colocando los caballetes se fijan unos a otros por medio de riostras colocadas diagonalmente a ambos lados como se indica en la proyección del puente.

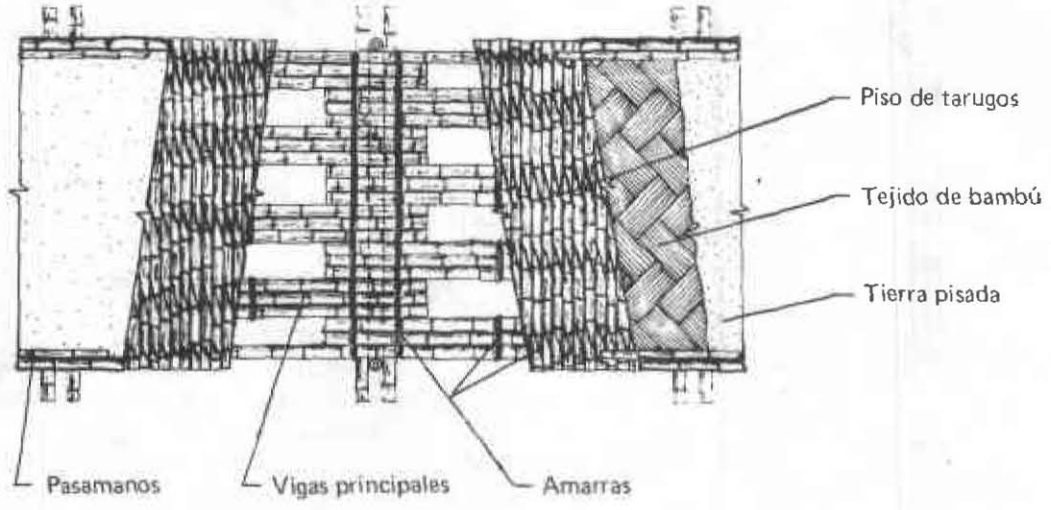
Una vez fijados los caballetes se colocan las vigas de bambú formadas por 4 y/o 6 bambúes distribuidos en forma apropiada sobre el caballete.

Un ejemplo de distribución se indica en la proyección horizontal del puente. Es muy importante tener en cuenta que las vigas deben montar sobre el caballete dejando un voladizo no inferior a 30 centímetros. En ningún caso las vigas deben colocarse al tope.

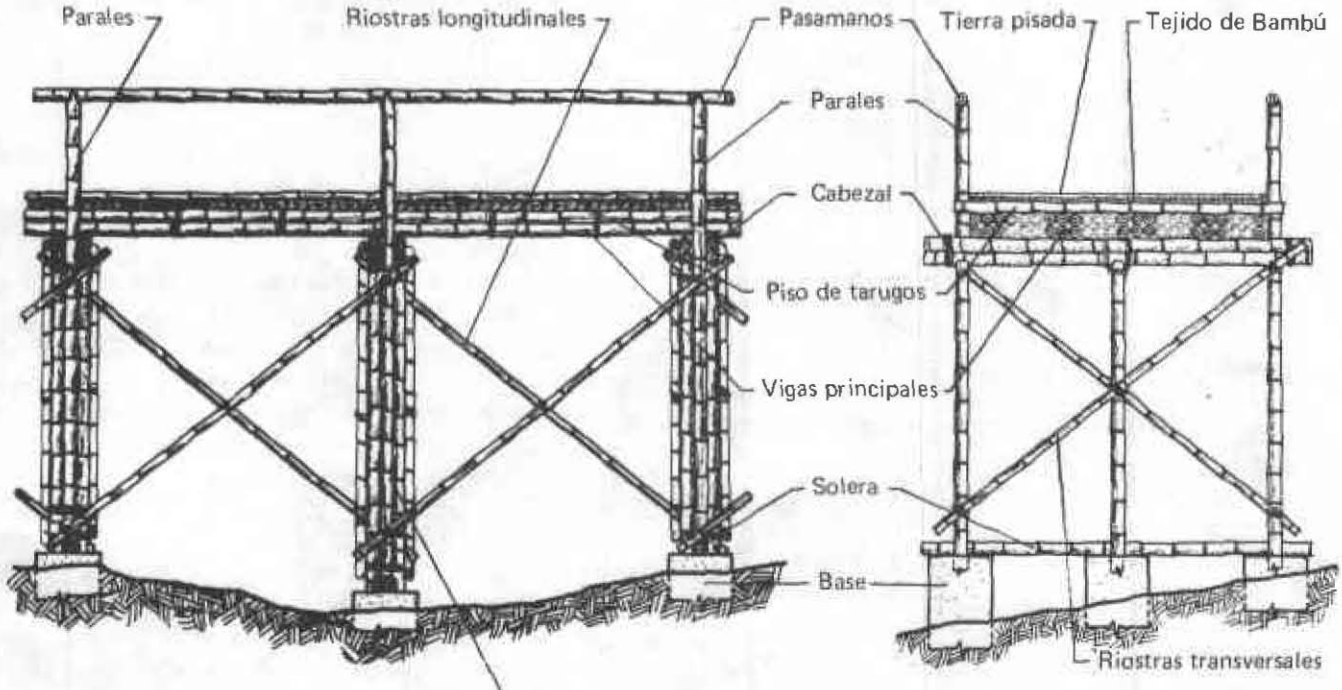
Después de distribuidas y fijadas las vigas se coloca el piso del puente que consiste en secciones o tarugos de bambú de igual longitud colocados uno a continuación del otro, perpendicularmente a las vigas, amarrados entre sí y a las vigas como se indica en la proyección horizontal. Terminado el piso se coloca a todo lo largo del puente y a cada lado de éste un bambú que se fija a la plataforma y a los parales que sostienen el pasamanos. Luego entre estos dos bambúes se coloca una delgada capa de tierra.

Para tráfico pesado es muy conveniente colocar encima de los tarugos un tejido grueso de bambú hecho con esterillas tejidas a 45º ó 60º con relación al eje longitudinal del puente y sobre éste una capa delgada de tierra.

DETALLE 4.2.2.1–D SISTEMA DE CONSTRUCCION DE UN PUENTE DE CABALLETES (CABALLETE No. 4)



PLANTA



ALZADA

Caballete tipo No. 4

SECCION TRANSVERSAL

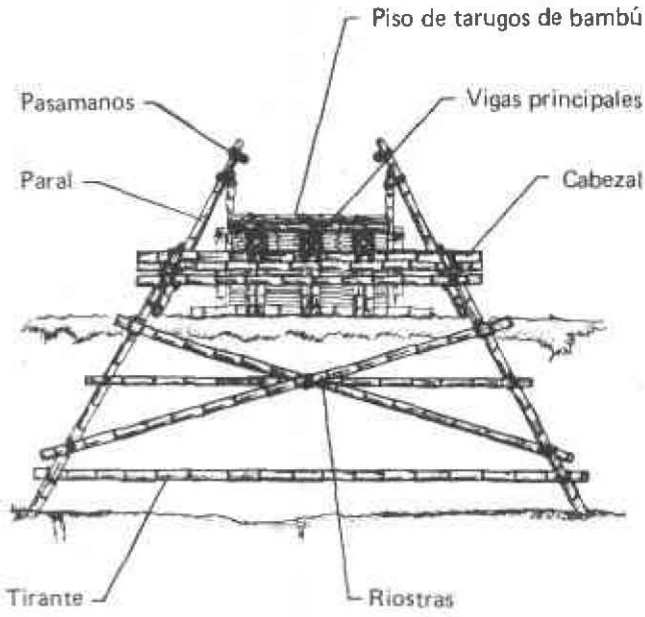
4.2.2.2 *Puentes de Tijera.*

Los puentes de tijera en bambú se emplean para el paso de hondonadas profundas, donde no es posible colocar soportes intermedios y donde la separación entre los bordes o puntos de apoyo a los lados de la hondonada no sea mayor de 12 metros. Este tipo de puente sólo es utilizable para tráfico peatonal.

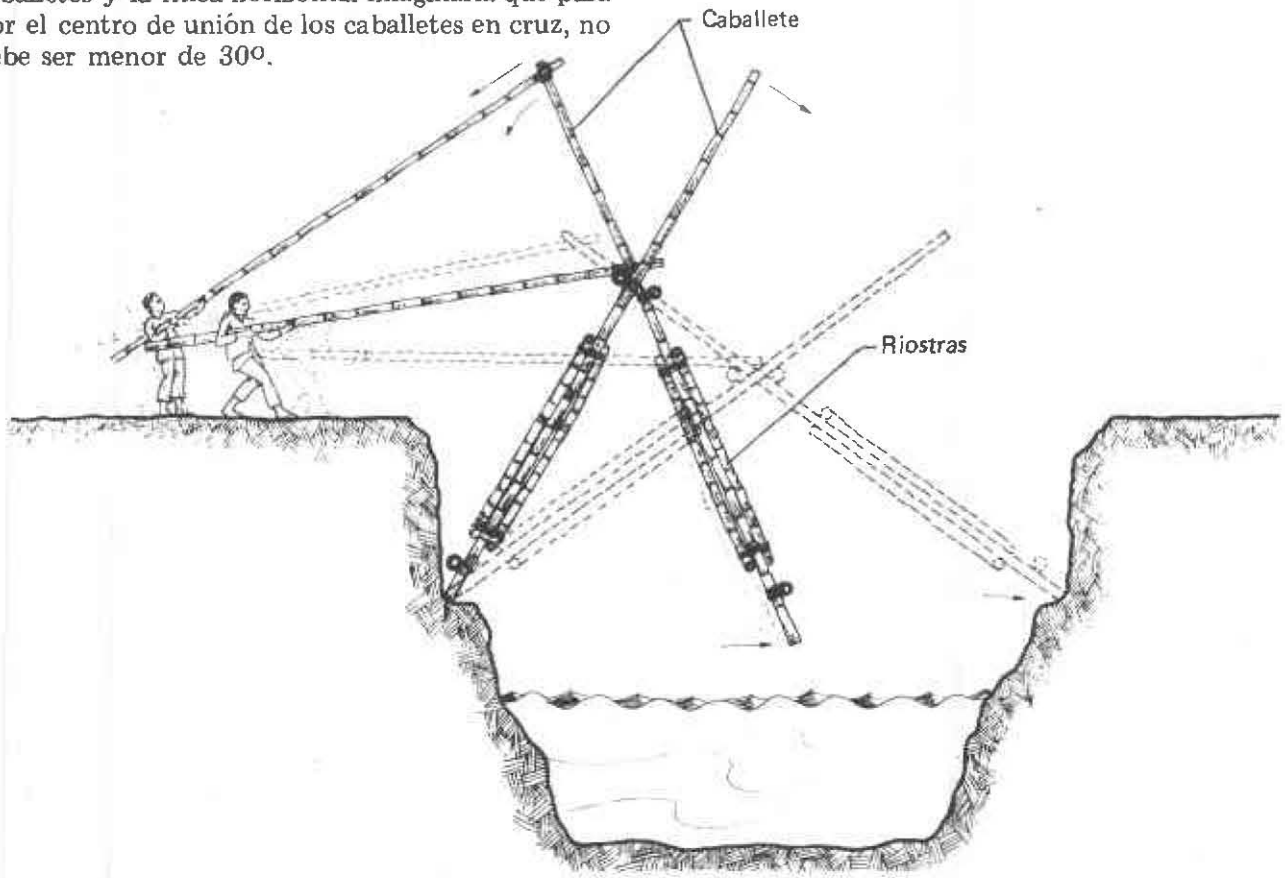
En términos generales este puente está formado por dos grandes caballetes, similares a los indicados en el puente de caballete, unidos por el cabezal, que a su vez sirve de soporte central a las vigas que reciben el piso del puente. Su construcción está indicada tan claramente en las figuras que no requiere de mayor explicación.

Es muy importante tener en cuenta que el apoyo central puede estar formado por uno o varios cabezales según la longitud y ancho del puente. En el caso de que se empleen uno o dos cabezales las vigas no deben colocarse al tope sino traslapadas lateralmente. En el dibujo se indican 3 cabezales y por ello las vigas están colocadas al tope. El punto superior del cabezal debe estar a nivel o más alto que los puntos de apoyo lateral.

El ángulo formado por los parales de los caballetes y la línea horizontal imaginaria que pasa por el centro de unión de los caballetes en cruz, no debe ser menor de 30º.

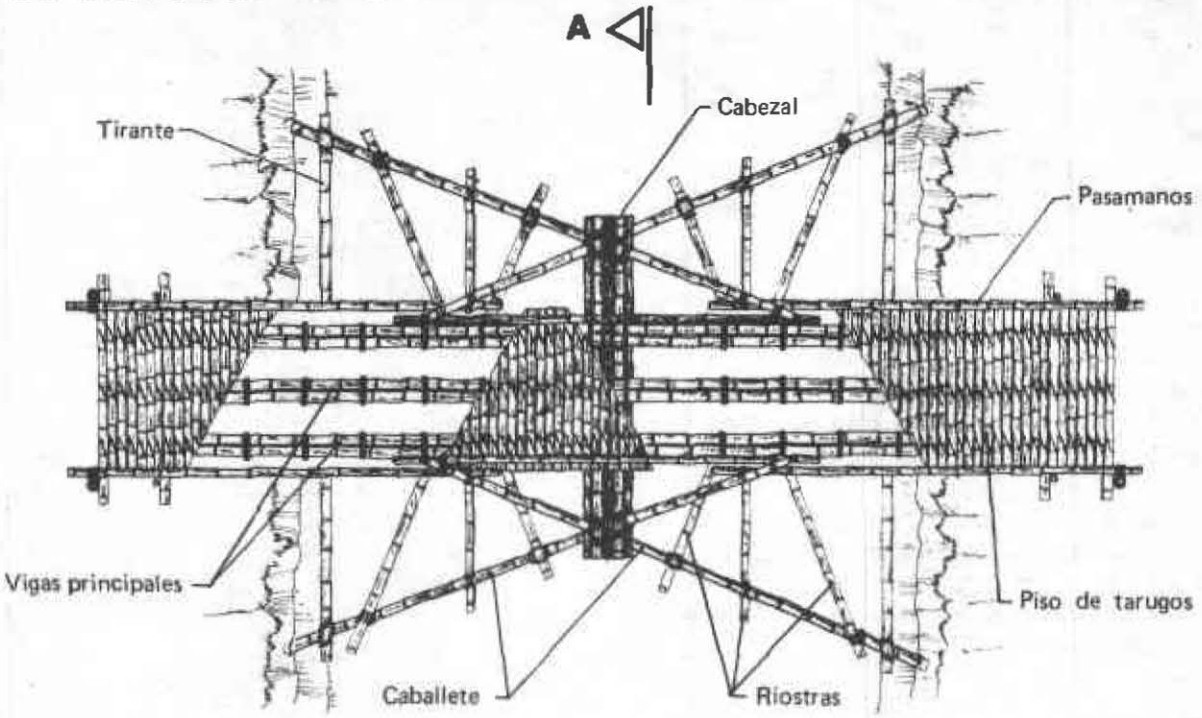


SECCION AA

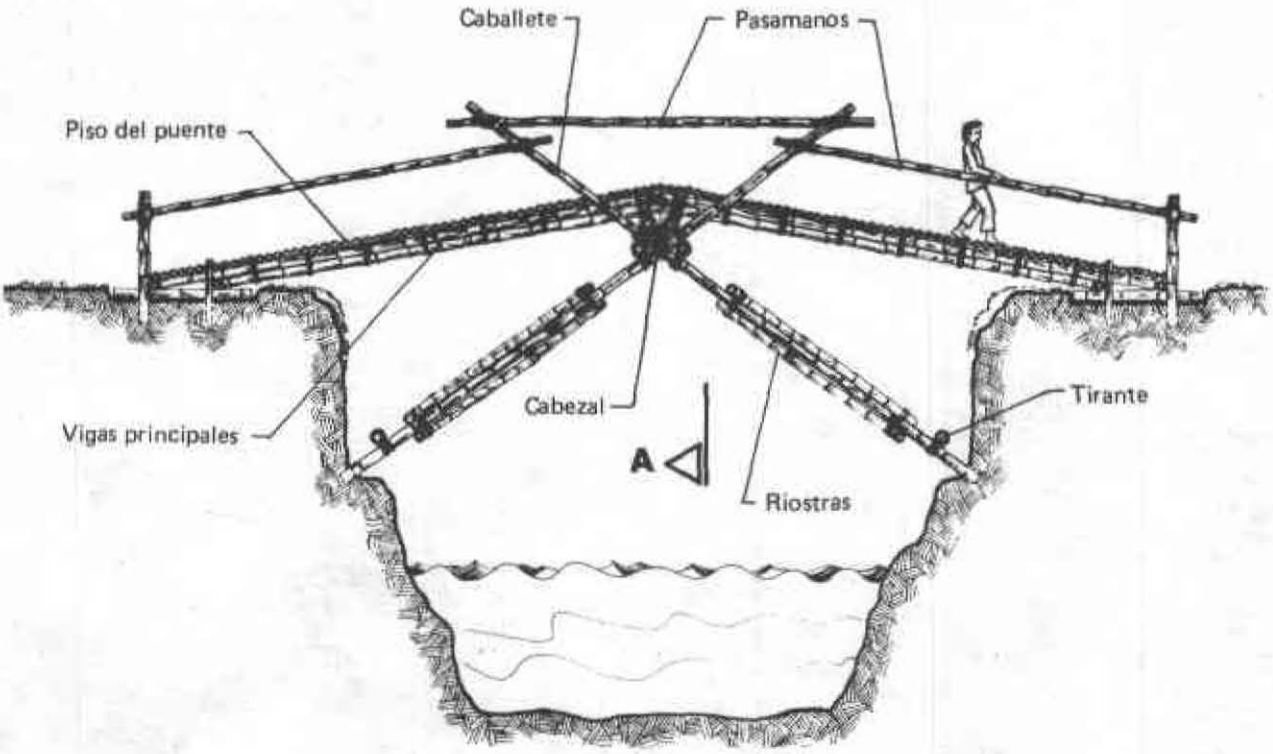


SISTEMA DE ARMADO Y COLOCACION DEL PUENTE DE TIJERA

DETALLE 4.2.2.2.–A SISTEMA DE CONSTRUCCION DEL PUENTE DE TIJERA



PLANTA



ALZADA

4.2.2.3 Puentes Peatonales para Uso Temporal.

Los puentes para uso temporal que a continuación se describen, se emplean para el paso peatonal sobre ríos de poca profundidad y algunos de ellos pueden ser utilizados en ríos muy anchos. Su construcción rápida y sencilla permite emplear estos puentes particularmente en casos de emergencia.

La unidad o elemento básico para la construcción de este tipo de puente está constituido por un triángulo isósceles formado por 3 bambúes, de los cuales el de la base es el de menor longitud. Esta unidad puede ser empleada como pórtico o como caballete según la forma que se utilice en la construcción del puente.

Se utiliza como pórtico, cuando el lado inferior o base del triángulo sirve de soporte al puente o cuando se coloca en las orillas de los ríos sirviendo de soporte a los cables tensores de los cuales se suspende el puente.

Como caballete se emplea cuando la unidad completa sirve de soporte al puente, en este caso el puente pasa por encima del vértice superior del triángulo. En muchos casos y para mayor estabilidad es conveniente emplear como soporte dos unidades amarradas por su vértice superior, formando una pirámide, que puede ser empleada como pórtico o como caballete.

En la misma forma pueden lograrse nuevos tipos de puentes, además de los que se indican, combinando y colocando apropiadamente las unidades. Las dimensiones mínimas de los lados internos de la unidad triangular debe ser de 2 metros en la base y 3 metros en los bambúes laterales, para que pueda pasar una persona holgadamente con una carga.

La unión de los bambúes de la unidad deben hacerse con amarras y nudos que se indican en la sección correspondiente, lo mismo que las utilizadas en los puentes sostenidos con cables o manilas. Los puentes peatonales de pórticos y de caballetes que se indican en los dibujos son los siguientes:

a. Puentes de Pórtico Triangular y Piramidal.

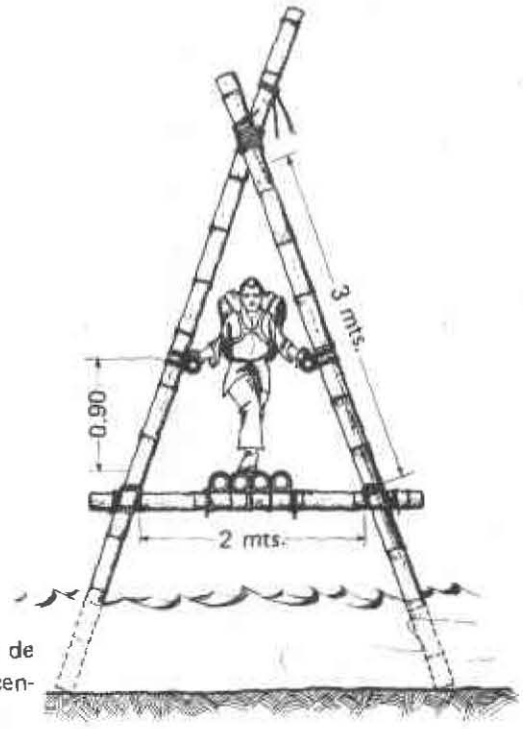
1. Puente de pórtico triangular central.
2. Puente de pórtico piramidal central.
3. Puente sostenido con cables tensionados entre pórticos laterales, triangulares o piramidales.

b. Puentes de Caballete Triangular.

1. Puente de caballetes triangulares intermedios.
2. Puente de caballetes triangulares intermedios sostenido con cables de pórticos laterales piramidales.

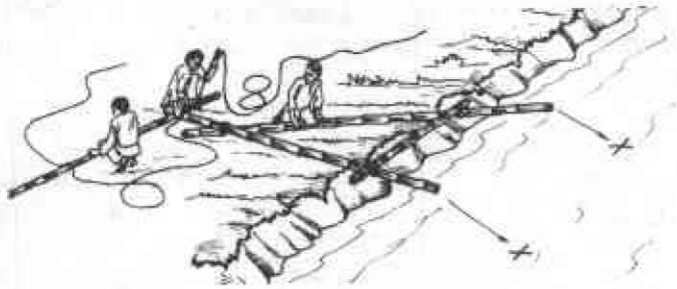
Los dibujos ilustran muy claramente el sistema de construcción de los diversos puentes por lo cual no se considera necesario una mayor explicación.

Unidad triangular de bambú que puede ser empleada en la construcción de puentes peatonales ya sea como pórtico o como caballete.

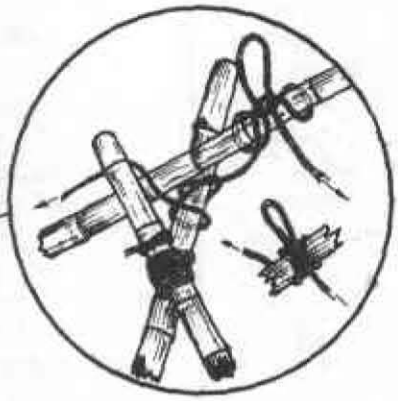


Sección transversal del puente de pórtico triangular o piramidal central.

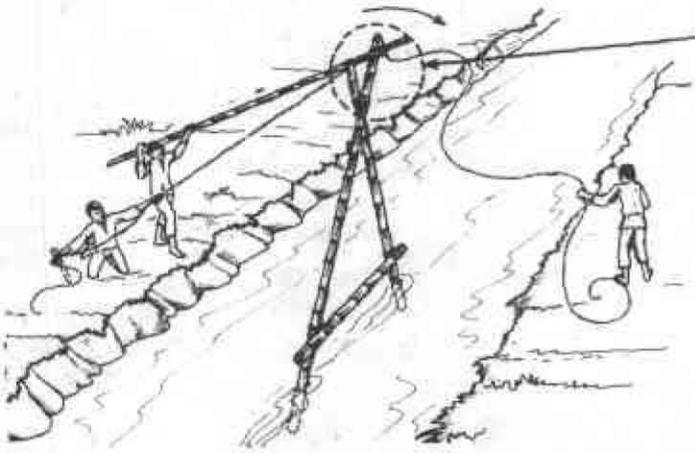
DETALLE 4.2.2.3–A1 ARMADA Y COLOCACION DE UN PUENTE CON PORTICO TRIANGULAR CENTRAL.



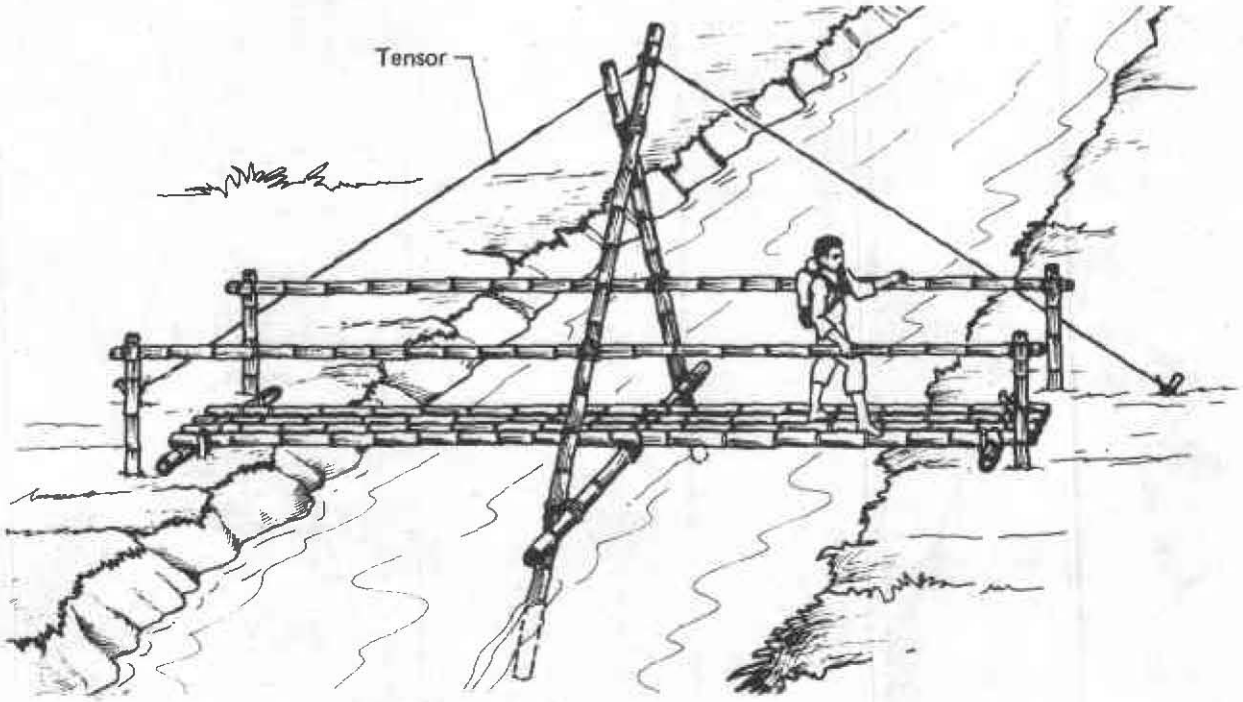
ARMADA



Nudo de levita que permite zafar desde la orilla opuesta solo el soporte.

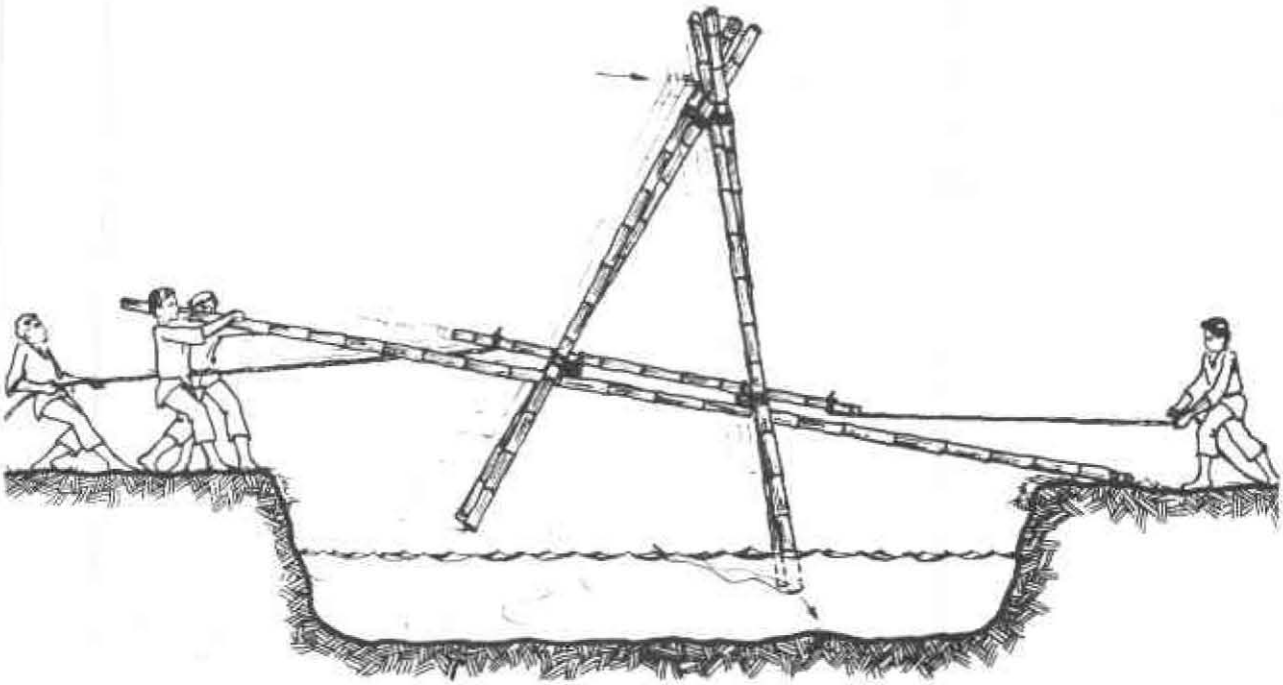


COLOCACION DEL PORTICO



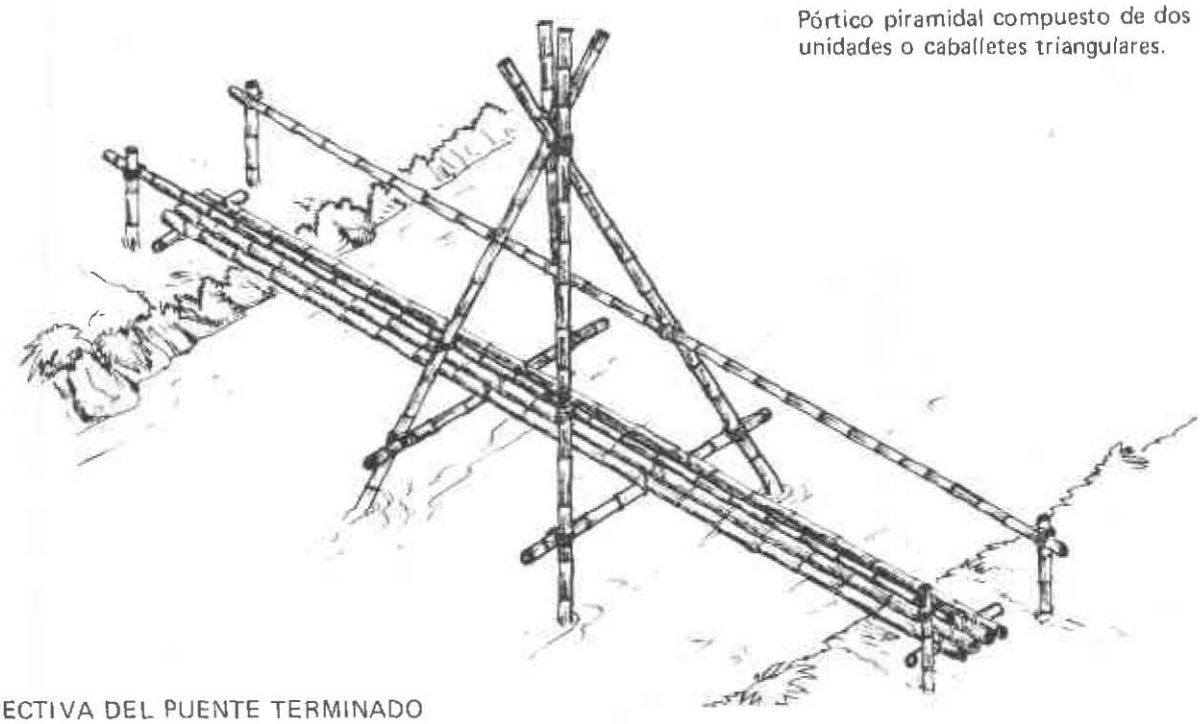
PERSPECTIVA DEL PUENTE TERMINADO

DETALLE 4.2.2.3–A2 ARMADA Y COLOCACION DE UN PUENTE CON PORTICO PIRAMIDAL CENTRAL.



ARMADA Y COLOCACION

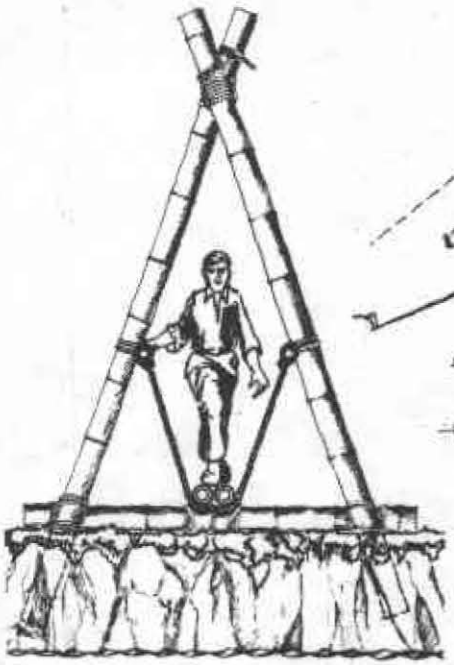
El pórtico una vez construido se hace deslizar sobre dos bambúes o dos cables hasta la posición deseada, ya sea en el centro del río, o a un lado en el caso de utilizar varios pórticos.



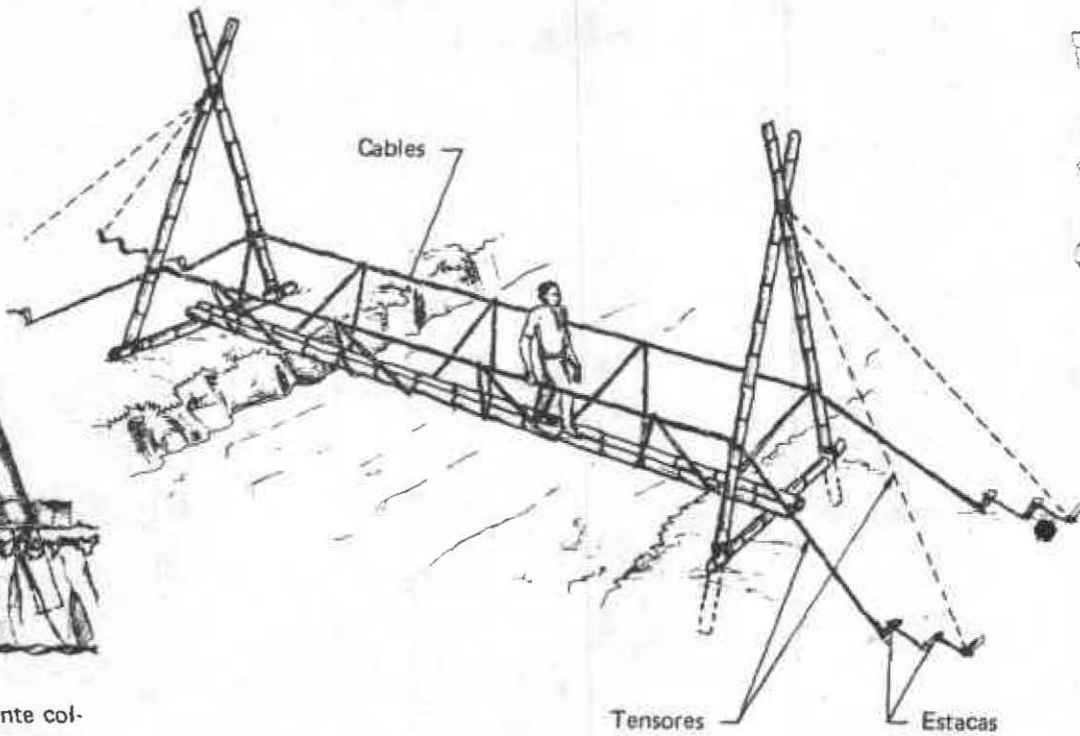
Pórtico piramidal compuesto de dos unidades o caballetes triangulares.

PERSPECTIVA DEL PUENTE TERMINADO

DETALLE 4.2.2.3–A3 PUENTE COLGANTE ENTRE DOS PORTICOS TRIANGULARES O PIRAMIDALES

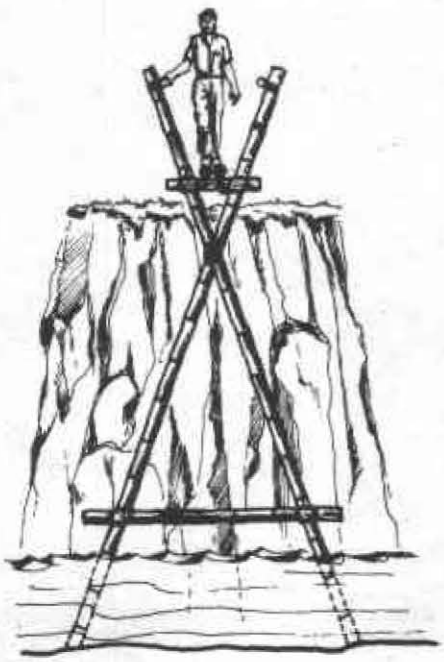


Sección transversal del puente colgante entre dos pórticos triangulares

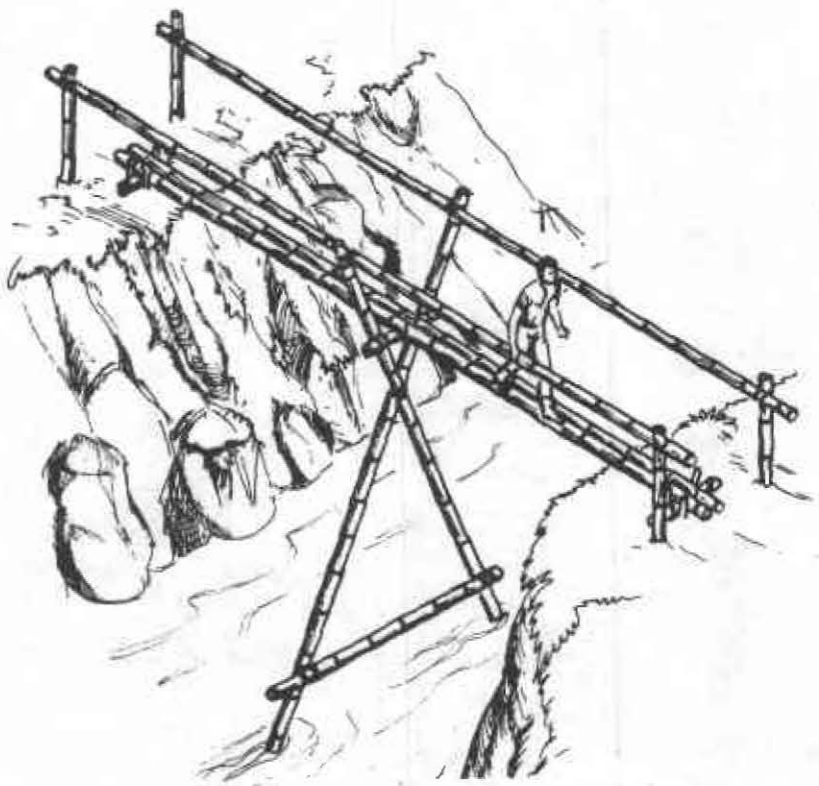


PERSPECTIVA DEL PUENTE TERMINADO

DETALLE 4.2.2.3–B1 PUENTE CON UN CABALLETE TRIANGULAR INTERMEDIO

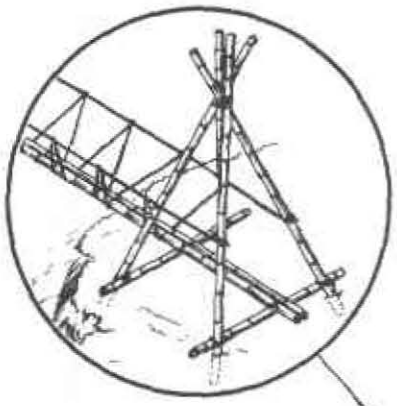


SECCION TRANSVERSAL

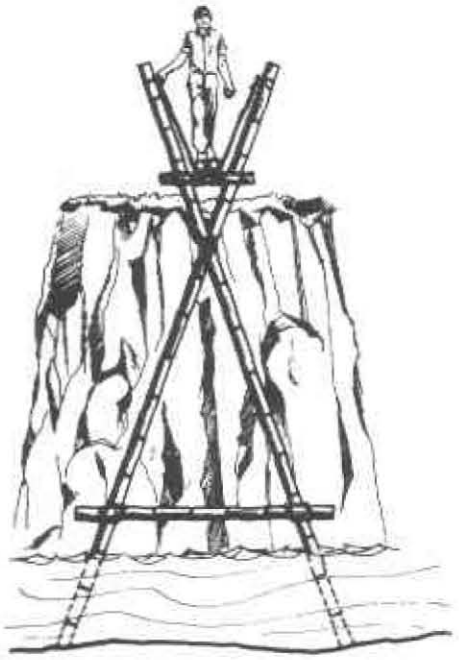


PERSPECTIVA DEL PUENTE TERMINADO

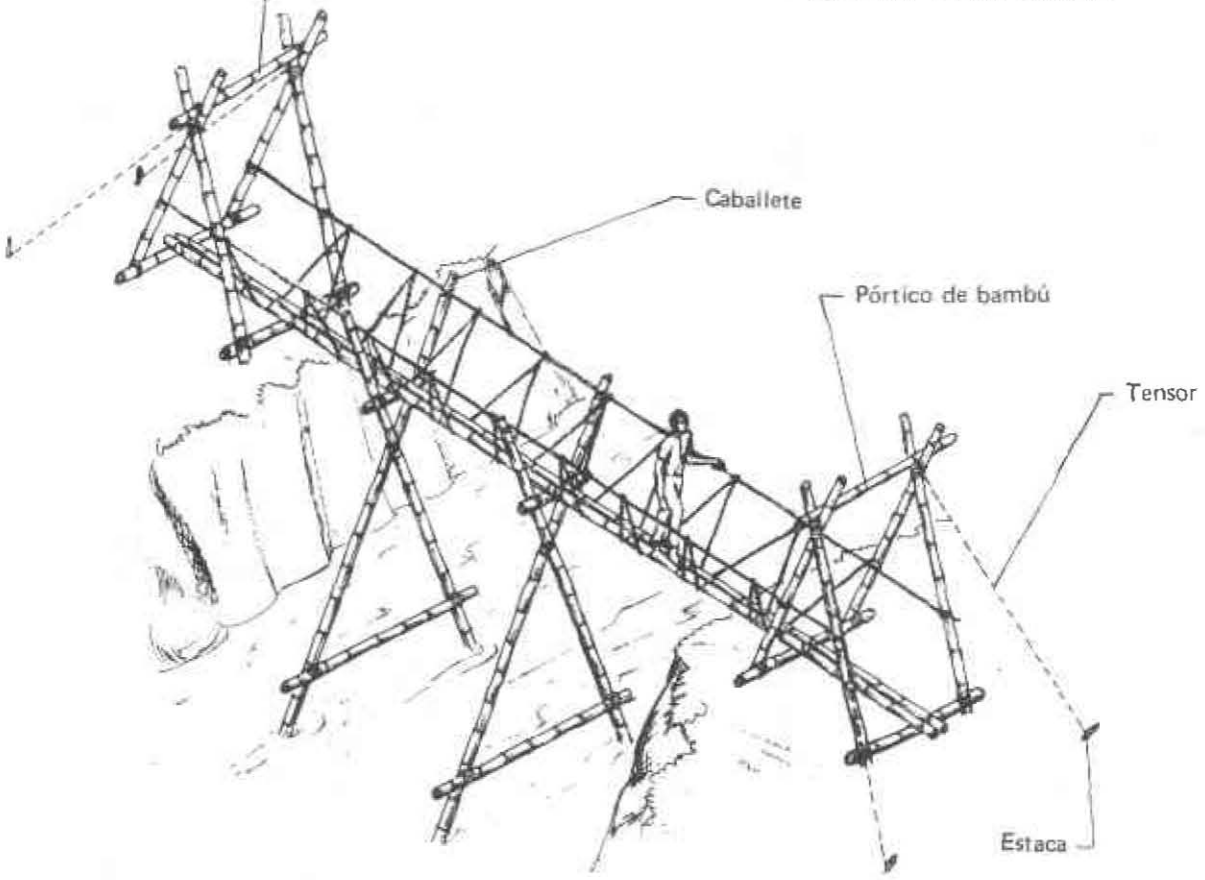
DETALLE 4.2.2.3–B2 PUENTE CON VARIOS CABALLETES INTERMEDIOS SOSTENIDO CON CABLES.



Tipos de pórticos empleados para asegurar los cables



SECCION TRANSVERSAL



PERSPECTIVA DEL PUENTE TERMINADO

4.2.3 DIQUES – CONSTRUCCION

Otra de las aplicaciones más interesantes que el bambú ha tenido en el campo de la ingeniería ha sido en la construcción de diques de protección, que durante muchos siglos se han utilizado en la construcción y reparación periódica de los grandes puentes del Fukien y de China occidental.

Uno de los tipos de diques más interesantes, es el que se construye anualmente para reparar al mismo tiempo el sistema de irrigación de Kwan Hsien y los puentes aledaños. Con este propósito el río Min se divide en un punto apropiado en dos ramales, en uno de los cuales se construye el primer dique. Una vez terminados los trabajos en este ramal se quita el dique y se construye en el segundo ramal.

La construcción del dique, se hace colocando a través de uno de los ramales una serie de tripodes, formando una curva contra la corriente; dispuestos en tal forma que dos de sus patas queden río arriba y la tercera río abajo. Cada uno de los trípodes está constituído por 3 largas trozas de madera. En ríos menos torrentosos y profundos se emplean tripodes de bambú.

La colocación de los tripodes se hace desde una barcaza transbordadora asegurada a un cable de bambú, tendido de una orilla a la opuesta del río, sobre el cual se deslizan dos cables cortos, también de bambú, que a su vez sostienen la barcaza por sus extremos.

A medida que se situán los tripodes, se construye en cada uno de ellos una plataforma colocada a 1.20 mts. sobre el nivel del agua; la que luego se carga con piedras para darle mayor estabilidad a los tripodes y evitar que sean arrastrados por la corriente. Posteriormente las plataformas se unen con puentes formados por bambúes sobre los cuales se coloca un piso de esterilla.

El dibujo muestra el sistema de construcción de un dique, en China, utilizando gruesas esteras de bambú aseguradas a trípodes de madera.

Una vez colocados varios tripodes, se fijan a lado y lado de los mismos, desde el nivel de la plataforma hasta el lecho del río, una doble capa de esterilla tejida la que se asegura a una serie de largueros horizontales de bambú o de madera, que se amarran a las patas de los tripodes. Posteriormente el espacio interior se rellena con arcilla y piedras para formar el dique.

Otro sistema empleado en el Japón tanto para la construcción de pequeños diques como para evitar la erosión en las orillas de los ríos y canales, consiste en colocar piedras de diferente tamaño dentro de canastos de tejido abierto, que impiden que estas rueden o sean arrastradas por la corriente.

4.3 INGENIERIA HIDRAULICA Y SANITARIA.

Desde tiempos inmemoriales el bambú ha sido utilizado por los campesinos de todas las regiones del mundo donde se da silvestre, para transportar y almacenar el agua, empleando secciones o tarugos de bambú o para llevarla a sus viviendas por medio de canales o tuberías de bambú, cuando las condiciones topográficas del lugar lo permiten.

Para transportar y almacenar agua en las viviendas los aborígenes de la India, Nueva Guinea y de la Melanesia, entre otros, utilizan secciones de tallos de bambú que varían entre 60 cms. a 1,50 mts. de longitud formados por varios internudos comunicados interiormente con excepción del inferior que sirve como base. El extremo abierto que se perfora parcial o totalmente se cubre con hojas presionadas con un tapón de madera. En igual forma, el agua era transportada antiguamente por los "aguadores" que existían en el Valle del Cauca, en Colombia, quienes tenían por costumbre colgar a lado y lado de sus mulas tarugos o secciones de bambú llenos de agua que luego vendían en los pueblos donde no había acueducto. Una vez vacíos los tarugos, regresaban al río más próximo donde los llenaban simultáneamente, metiendo sus mulas en los charcos más profundos.

Cuando las viviendas se encuentran en zonas montañosas o en terrenos inclinados, la conducción del agua se hace por gravedad, utilizando canales resultantes de dividir los tallos de bambú en dos secciones longitudinales que luego se traslapan, o empleando el bambú completo en secciones, formando tuberías, una vez se remueven los tabiques interiores de los nudos.

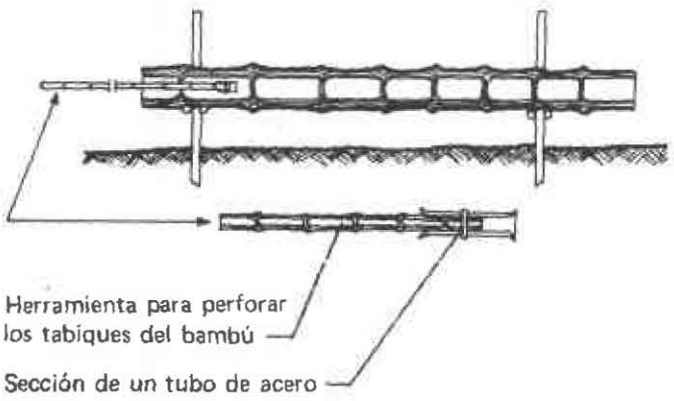
"Aguadores" transportando agua en tarugos de bambú.

4.3.1 ACUEDUCTOS DE BAMBU

El sistema de utilizar tubos de bambú en la conducción de agua por gravedad es muy utilizado en las regiones rurales de varios países del Asia como Taiwan, Tahilandia y particularmente en Indonesia en donde se emplea en forma más avanzada en la construcción de acueductos. Sobre este particular la AID, UNC, y el IPSED (Agency, for International Development - University of North Carolina - International Program in Sanitary Engineering Design), realizaron un estudio muy interesante, del cual se ha tomado parte de la información que a continuación se transcribe.

4.3.1.1 Preparación de los Tubos

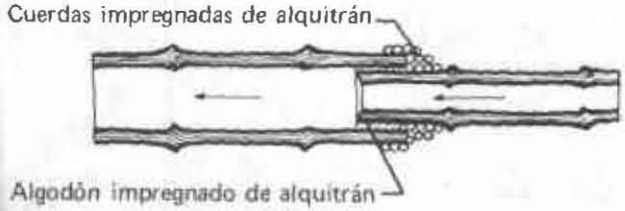
Los tubos de bambú se obtienen de secciones de tallos de diámetro deseado, perforando los tabiques o membranas interiores de los nudos con ayuda de una herramienta similar a un formón circular hecho para éste propósito, como se indica en la figura. La herramienta consiste de una sección de un tubo de acero, con uno de sus extremos proyectado hacia afuera en forma de campana, su extremo opuesto se fija a la punta de un bambú de igual diámetro, que sirve de cabo. Para efectuar el perforado de las membranas de un bambú se requieren, tres o cuatro formones circulares de diferentes diámetros, con cada uno de los cuales se va aumentando el diámetro de la perforación.



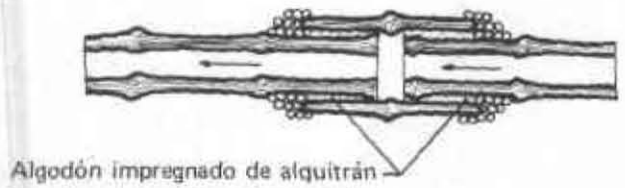
4.3.1.2 Empalmes

Los empalmes de los tubos pueden hacerse en tres formas diferentes:

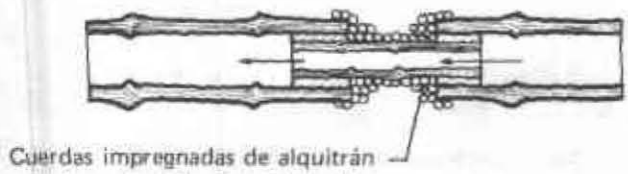
A. **Empalme telescópico.** Introduciendo el extremo más delgado de un tubo en otro de mayor diámetro. En este caso el empalme debe hacerse en tal forma que el agua corra del tubo de extremo más delgado al de mayor diámetro, como se indica en la figura.



B. **Empalme con unión externa.** Este tipo de empalme se emplea con dos tubos de igual diámetro, que se colocan casi al tope dentro de una unión de bambú de diámetro mayor. La sección utilizada como unión debe llevar un nudo intermedio, como se indica en la figura.



C. **Empalme con unión interna.** Este empalme se emplea también con dos tubos de igual diámetro, sólo cuando no se dispone de un bambú de diámetro mayor. El empleo de este tipo de unión disminuye la presión del agua.



Para evitar las filtraciones, los empalmes deben calafatearse con algodón en rama impregnado de alquitrán, después de lo cual se envuelven fuertemente las uniones con una cuerda de fibras vegetales impregnada de alquitrán caliente. El conjunto debe recubrirse con una capa delgada de alquitrán caliente.

4.3.1.3 Colocación.

Las tuberías de bambú pueden colocarse subterráneas o aéreas. Los tubos de bambú se preservan bajo tierra siempre y cuando haya un flujo permanente de agua. Cuando el tubo se coloca aéreo o sobre la superficie del suelo debe recubrirse con dos capas de fibras de palma envueltas sobre el tubo, con una capa intermedia de tierra.

Con este tratamiento puede dársele un tiempo de vida a la tubería de 3 a 6 años. Por lo general las fallas se presentan al cabo de un tiempo en los nudos, que son las partes más débiles del bambú.

La colocación de la tubería bajo tierra, se hace en la misma forma que cualquiera otra tubería. La zanja que se excave debe tener un ancho mínimo de 40 cms. por una profundidad tal que la parte superior del tubo quede aproximadamente a una distancia de 60 cms. de la superficie del suelo, y en lugares de tráfico pesado 1,20 mts. En lo posible el tubo debe descansar sobre una cama de arena de 10 cms. de espesor. Si no se dispone de arena, debe tenerse el cuidado de que el tubo no quede en el aire apoyado sobre las uniones extremas o sobre piedras que puedan perforarlo. Las uniones extremas no deben apoyarse directamente sobre el suelo, en este caso debe hacerse una caja o excavación un poco más profunda en la zona correspondiente a la unión. El relleno de la zanja debe hacerse en capas sucesivas de 10 a 15 cms. de espesor compactándolas con un pisón de madera o de bambú, teniendo cuidado de no golpear el tubo.

Los tubos de bambú pueden soportar hasta 2 atmósferas de presión, que equivalen aproximadamente a 2.1 Kgr/cm^2 (30 lbs/pulg^2) por lo tanto no deben usarse como tubería de presión sino para el transporte de agua por gravedad o sea cuando la fuente o suministro de agua está en un plano superior al área servida.

Donde la profundidad de la tubería, debajo de la línea piezométrica o gradiente hidráulica es tal, que la máxima presión admisible sea superada, deben construírse cámaras de alivio o de quiebre de presión como se indica en la figura.

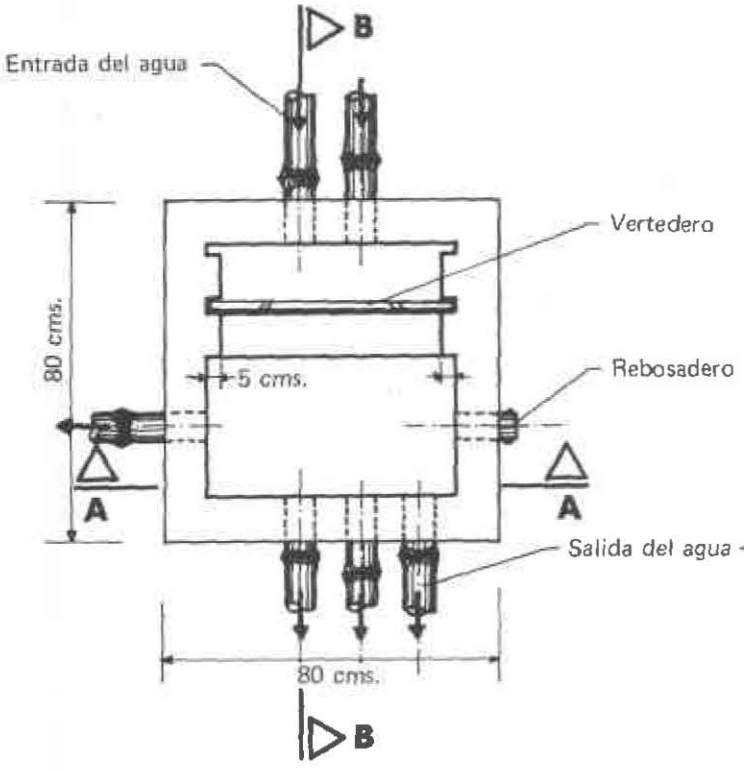
Estas cámaras también pueden ser utilizadas como cámaras de distribución de los ramales o derivaciones que se hagan de la tubería principal. En una de las figuras se indica un diagrama del suministro de agua a varias poblaciones.

Una vez se ponga la tubería de bambú en servicio, se produce un olor desagradable en el agua, que desaparece en tres semanas. En el caso de que se efectúe una clorinación de la tubería, inmediatamente después de efectuada, debe repre-

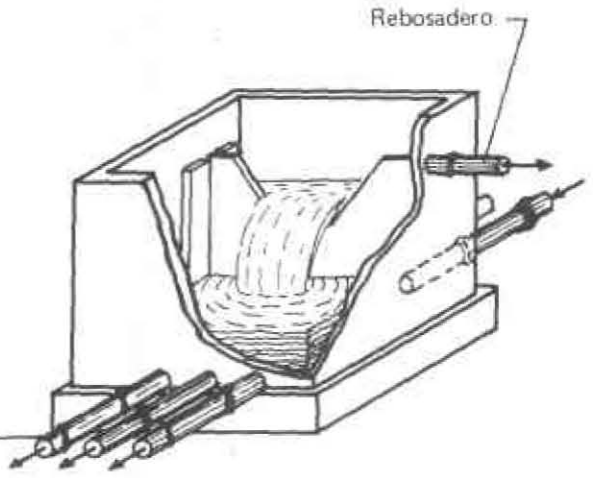
sarse el agua dentro del tubo el tiempo suficiente para que ésta haga contacto con toda la superficie interior del tubo y remueva los componentes de cloro que se formen y no queden residuos.

Para evitar que el agua de la tubería pueda ser contaminada por el agua contenida en el suelo, es conveniente mantener la presión interna en la tubería a un nivel más alto que la presión que pueda tener el agua exterior. En esta forma, si hay alguna filtración en la tubería, el agua contaminada no entra al tubo.

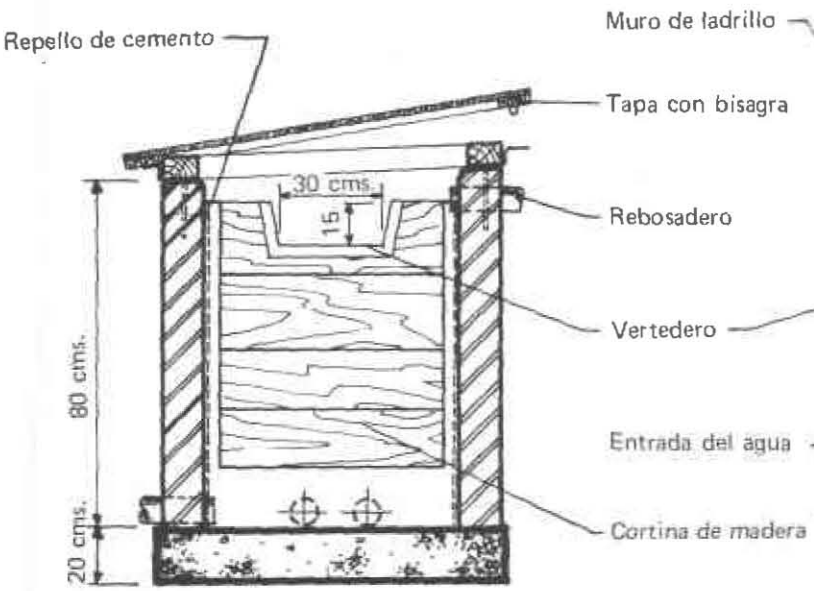
DETALLE 4.3.1–A CONSTRUCCION DE LA CAMARA DE DISTRIBUCION O DE ALIVIO



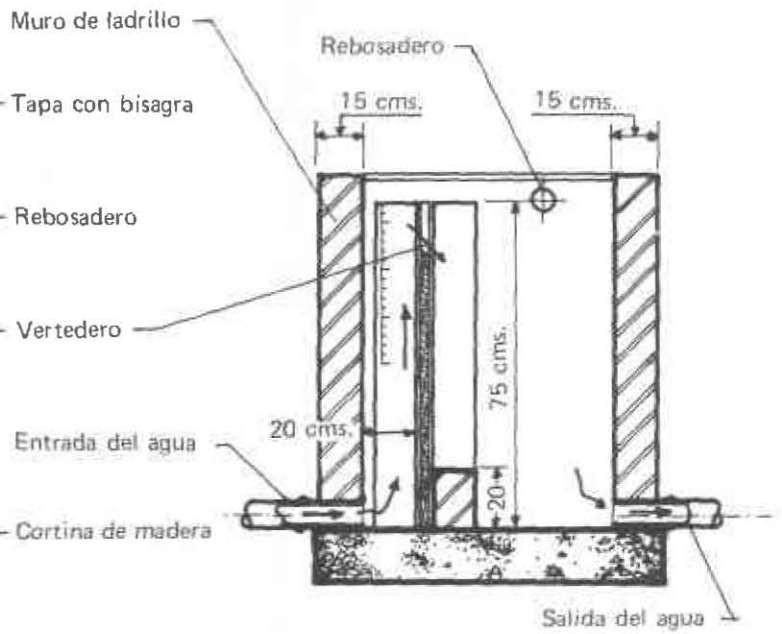
PLANTA (sin tapa)



PERSPECTIVA ISOMETRICA DE LA CAMARA



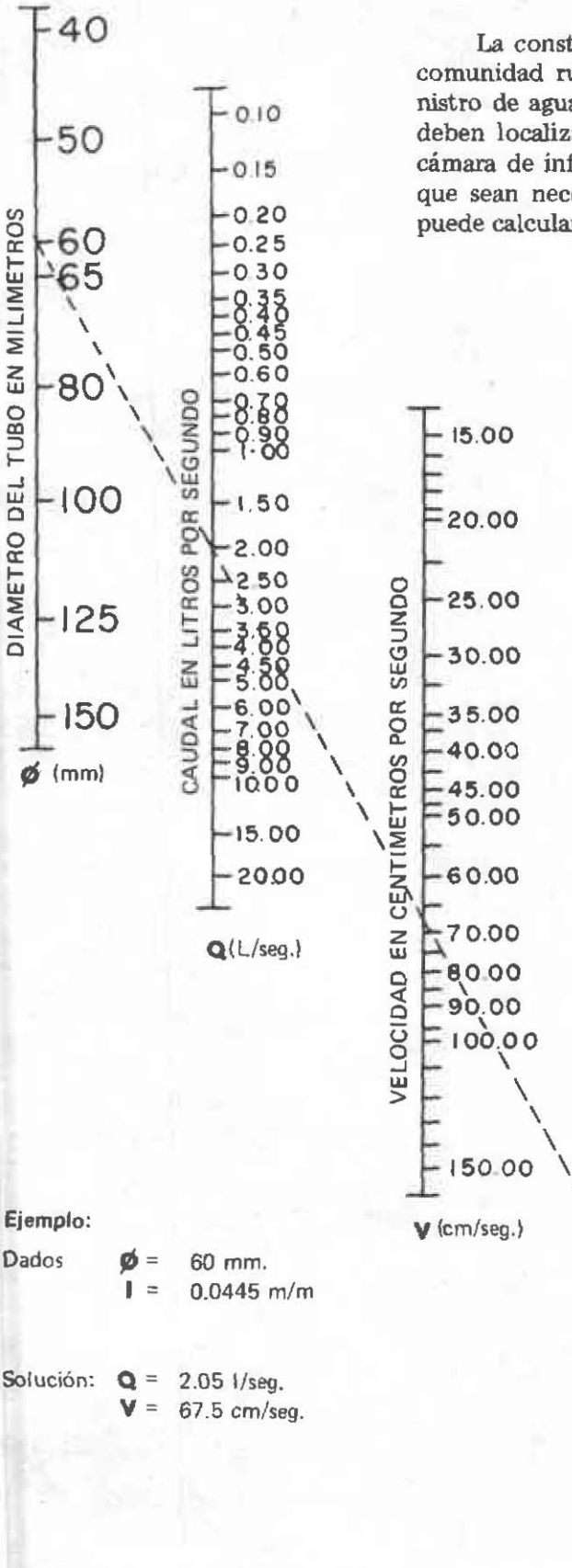
SECCION AA



SECCION BB

4.3.1.4 Diseño de la Tubería de Bambú para un Acueducto Rural.

La construcción de un acueducto con tubería de bambú, para una comunidad rural, debe basarse en un estudio de distribución del suministro de agua, similar al que se indica en forma esquemática; en el cual deben localizarse los niveles y distancias tanto de la bocatoma o de la cámara de infiltración, como de las cámaras de dsitribución o de alivio que sean necesarias. La dimensión requerida para la tubería de bambú puede calcularse con ayuda del abaco que se indica.



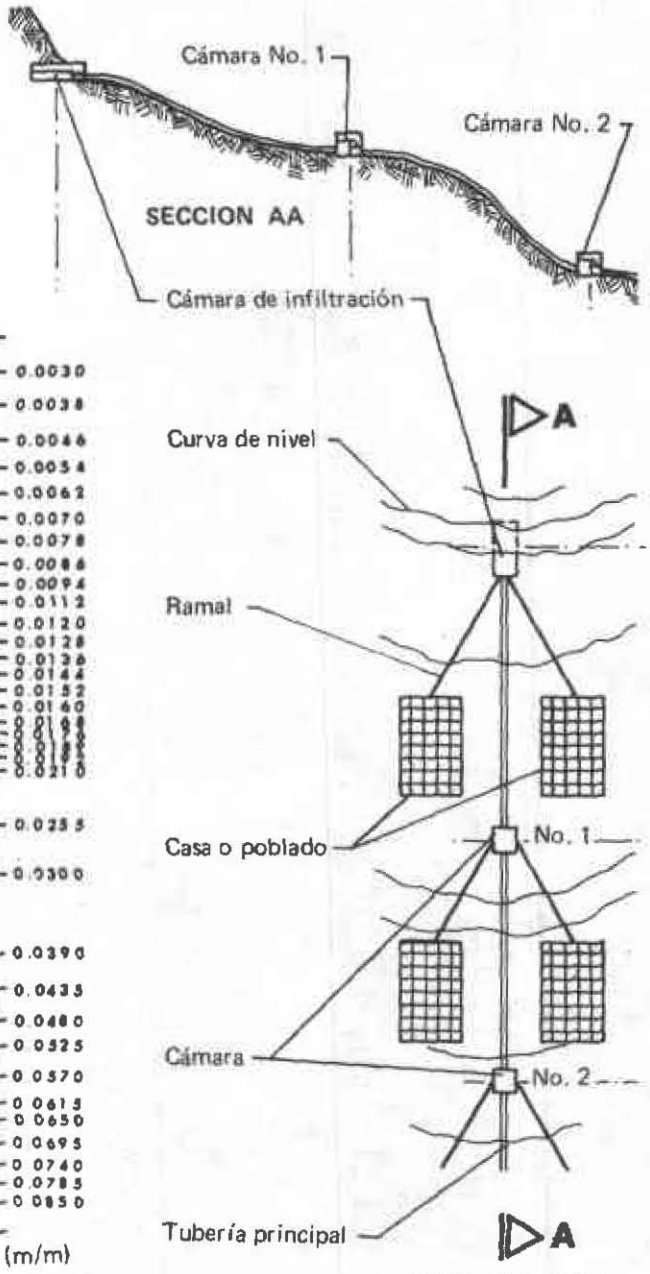
Ejemplo:

Dados ϕ = 60 mm.
I = 0.0445 m/m

Solución: Q = 2.05 l/seg.
V = 67.5 cm/seg.

ABACO PARA CALCULAR EL FLUJO EN TUBERIAS DE BAMBU

DISTRIBUCION DEL SUMINISTRO DE AGUA



LOCALIZACION

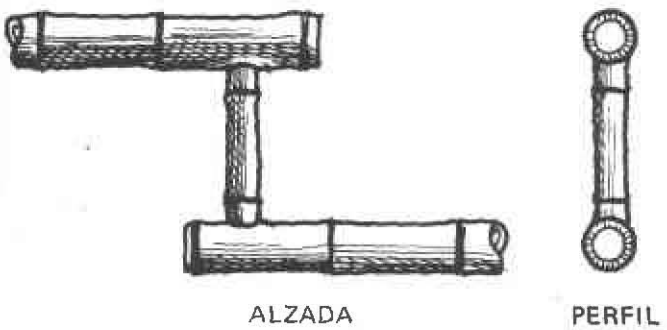
4.3.1.5 Empalmes a 90°, Derivaciones y Soportes de Tuberías de Bambú.

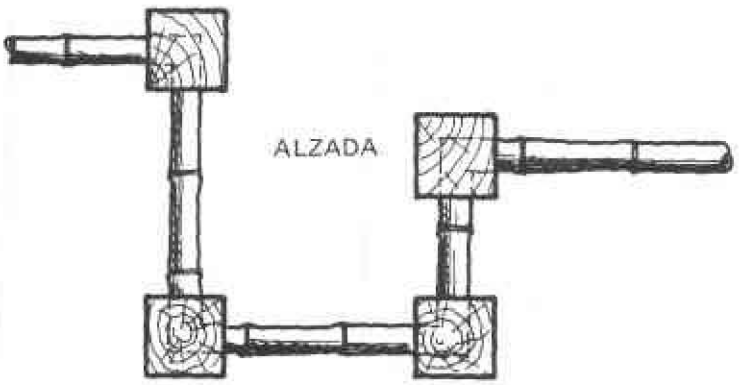
Cuando se emplean bambúes de menor diámetro, en la construcción de acueductos o de instalaciones domiciliarias, los empalmes o uniones pueden hacerse empleando cualquiera de los sistemas anteriores, o utilizando una pieza o bloque pequeño de madera, piedra o granito. Cuando se emplea madera se perfora previamente ya sea de un lado al otro, si se va a utilizar como unión de tubería en línea recta, o en ángulo, si se va a utilizar como codo, en la forma como se indica en las figuras. En ambos casos la tubería de bambú debe introducirse con un poco de presión. La madera que se emplea en la unión debe ser dura, por ejemplo, roble.

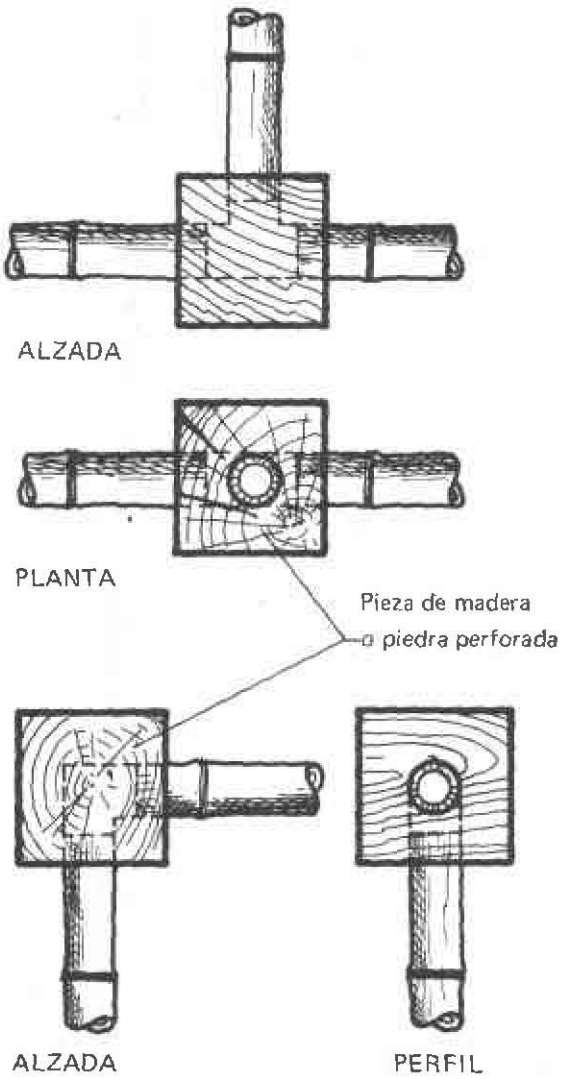
Cuando se emplea un bloque de piedra o granito, los huecos deben sincelarse a un diámetro ligeramente mayor que el del bambú, el que luego se introduce en el hueco envolviéndole en el extremo una cuerda de fique o de cualquier otro material similar en lo posible impregnado de alquitrán.

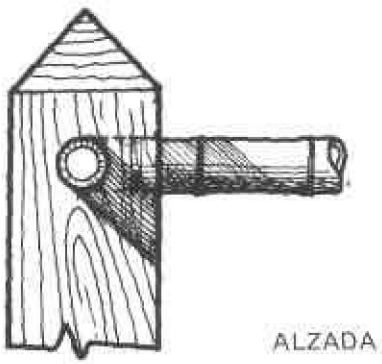
Estas tuberías pueden ser enterradas o colocadas sobre tierra y en este último caso pueden utilizarse cualquiera de los sistemas de soporte que se ilustran.

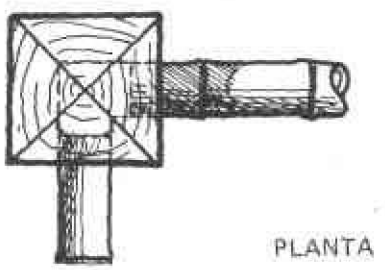
DETALLES 4.3.1.5–A EMPALMES A 90°.



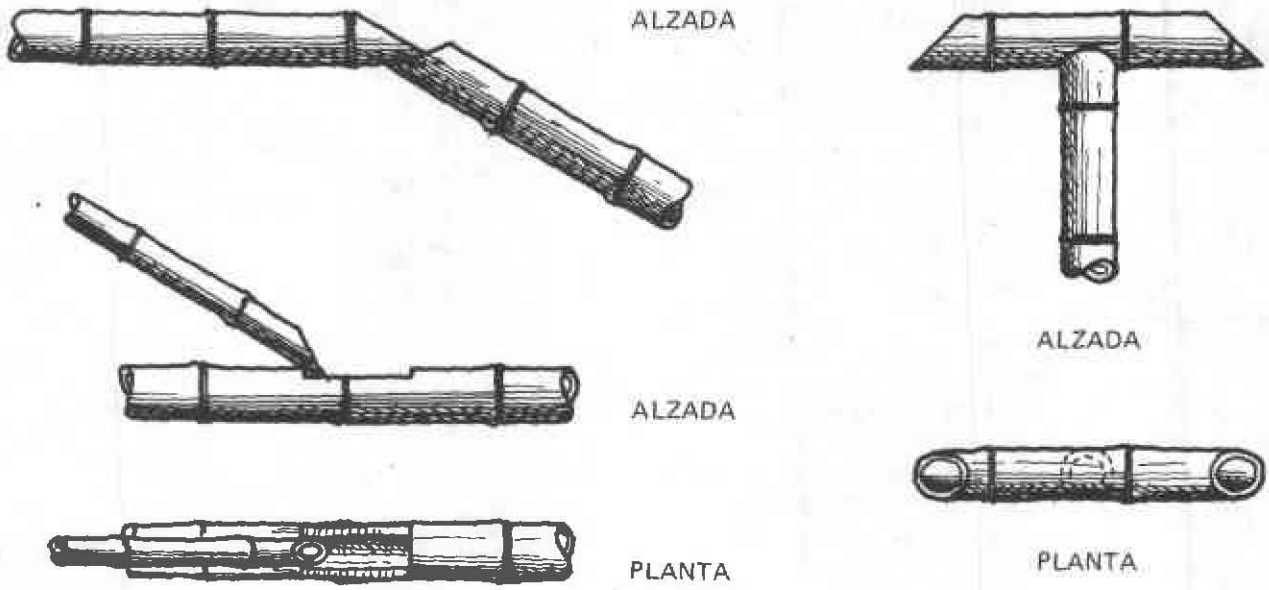




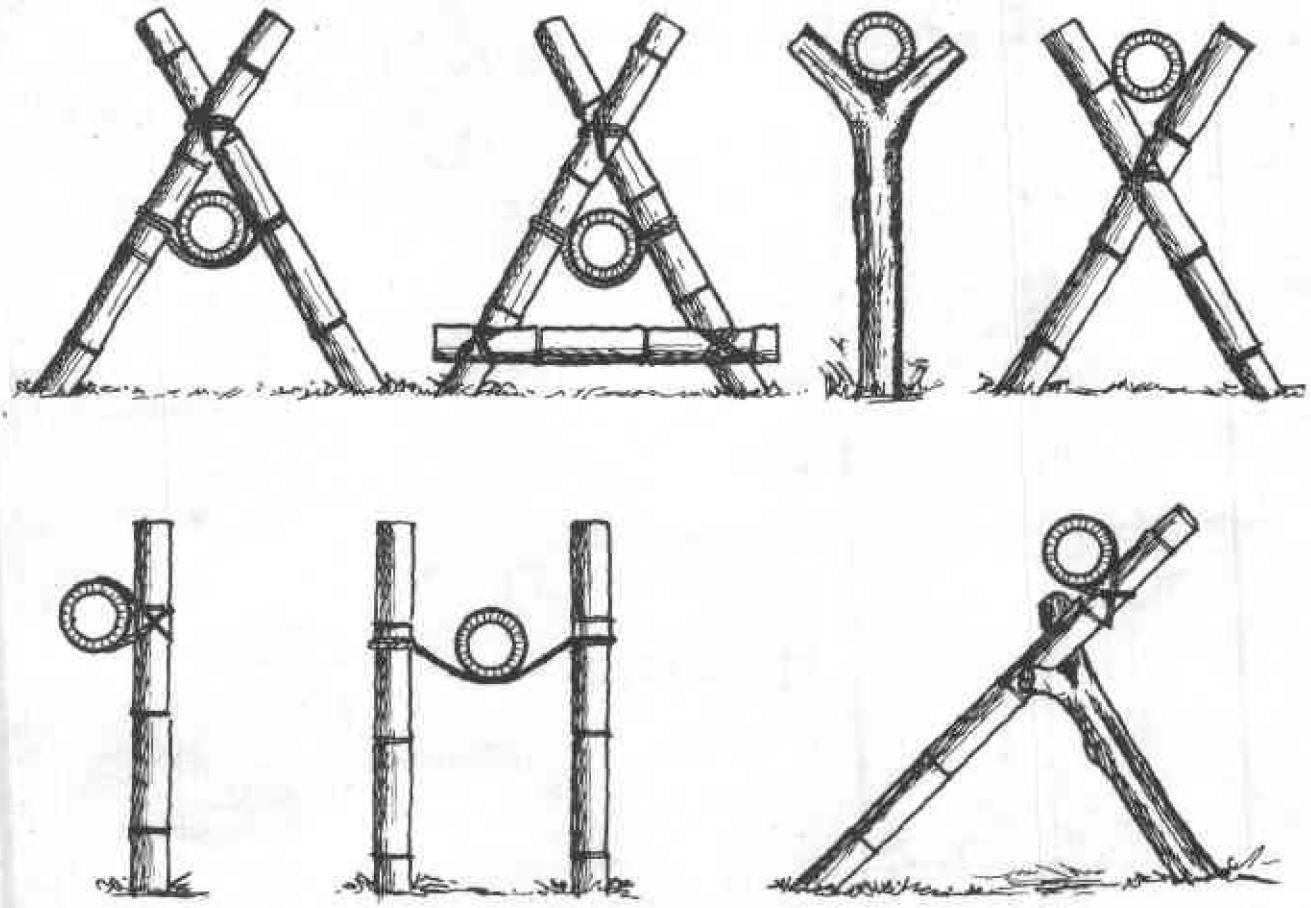




DETALLES 4.3.1.5–B DERIVACIONES.



DETALLES 4.3.1.5–C TIPOS DE SOPORTE PARA TUBERIA AEREA DE BAMBU

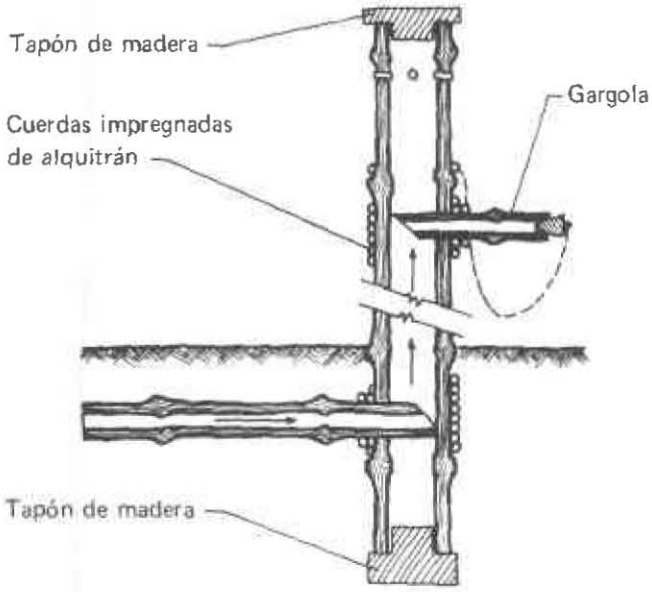


4.3.2 FUENTES DE AGUA.

Las fuentes de agua de bambú generalmente se emplean para abastecer de agua a los habitantes de los poblados rurales de Indonesia y con este propósito se localizan en lugares públicos.

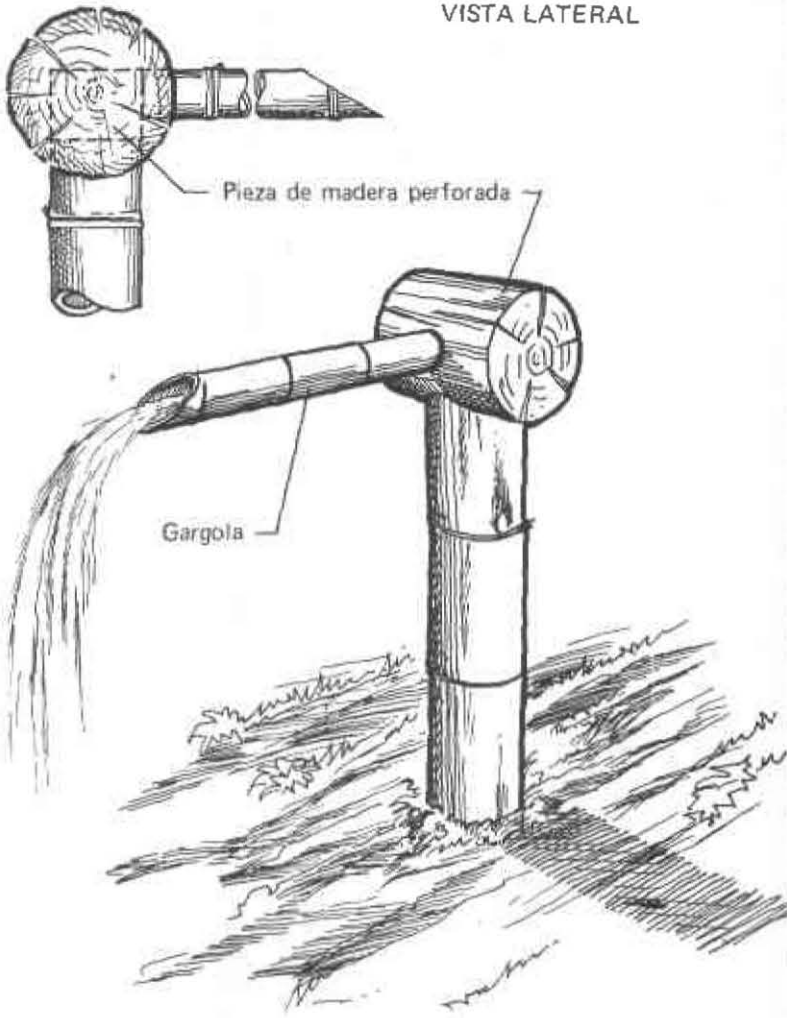
La fuente está formada por un bambú vertical de máximo diámetro, correspondiente al tramo inferior o basal del tallo, con una longitud variable entre 2 y 3 metros, de los cuales aproximadamente un metro se entierra en el suelo con el fin de darle estabilidad. Previamente los tabiques interiores de los nudos deben removerse incluyendo los extremos, en la misma forma como se hace con los tubos de bambú que se emplean como acueducto. Para cubrir los extremos se utilizan tapones de madera en la forma como se indica en la figura, de los cuales el inferior debe entrar a presión para lo cual se puede envolver en el tapón una cuerda delgada impregnada de alquitrán caliente.

Antes de colocar los tapones deben abrirse los huecos para introducir el tubo de bambú de suministro de agua y el de la gárgola. Estos dos tubos que entran a presión deben tener un recorte periférico en el extremo a manera de caja, que se introduce en el bambú vertical. En el extremo recortado que sirve de tope contra el bambú vertical se coloca un cable de fibra vegetal en forma de argolla, impregnado de alquitrán que luego se pisa con los cables también impregnados que se envuelven alrededor de la unión sobre el bambú vertical. En el extremo superior y próximos al tapón deben abrirse huecos de lado a lado en cruz que sirven de rebosadero.



Diseño de fuente para uso público
SECCION TRANSVERSAL

VISTA LATERAL



Diseño de fuente para jardines

4.3.3 POZOS PROFUNDOS.

En algunas áreas rurales de Taiwan el bambú es utilizado en pozos con una profundidad hasta de 150 metros (492 pies), en lugar de tubería de hierro galvanizado.

Generalmente se utilizan bambúes de 5 cms. de diámetro (2"), muy rectos, lo cual se logra enderezándolos a base de calor. Posteriormente se remueven los tabiques internos de los nudos, empleando el mismo sistema indicado para los tubos de bambú utilizados en acueductos.

La coladera de fondo se hace perforando una serie de huecos en la pared del bambú y envolviendo la sección correspondiente con un tejido fibroso de palma. Para este tejido en Taiwan se utiliza la palma Chamaerops humilis que también se emplea para hacer la coladera en pozos en los cuales se utiliza la tubería galvanizada.

5
ARTESANIA

INTRODUCCION

Por lo general todas las especies de bambú pueden tener una aplicación apropiada en la elaboración de productos artesanales. Sin embargo, debido a que la mayoría de las especies difieren entre sí en sus propiedades mecánicas, algunas de ellas son más apropiadas que otras para la elaboración de ciertos productos v.g. tejidos.

En Latinoamérica existen diversas especies de bambú, como la guadua (Bambusa guadua), que podrían tener gran aplicación en la industria artesanal. Desafortunadamente la idea de "miseria" o de "pobreza" con la cual se asocia a nuestras especies nativas, debido al mal empleo que por lo general se hace de ellas en la construcción de tugurios, en los que se utilizan desechos de bambú sin importancia técnica ni estética, ha contribuido a que exista en el común de las gentes un rechazo subconciente hacia todo lo que sea "vivienda o artesanía en guadua". Esta es la razón por la cual prácticamente no existen industrias artesanales que utilicen la guadua, y las pocas que han tratado de formarse no han subsistido por falta de apoyo.

Sin duda alguna, la producción de artículos artesanales de guadua de excelente diseño y calidad, podría superar este prejuicio y hacer de esta industria una de las más sobresalientes de Colombia y de otros países latinoamericanos. Para contribuír a este propósito se indican a continuación en forma resumida, algunas de las técnicas comunmente empleadas en China y Japón relacionadas con la preparación del material como su aplicación en la elaboración de productos tejidos.

5.1 PREPARACION DEL BAMBU

Los bambúes que se utilicen en la elaboración de productos artesanales, ya sea en su forma natural o transformados en cintas o palillos, deben cortarse a una edad apropiada y luego someterse a una serie de tratamientos físicos y químicos, con el fín de que el producto terminado conserve su estabilidad dimensional y no sea atacado por los insectos. Existen 3 tipos de tratamientos:

1. El tratamiento natural, que consiste en que los tallos una vez cortados se dejan curar en la mata durante varias semanas, después de lo cual se secan al aire en una zona cubierta, y finalmente se tratan con preservativos. Una descripción de estos tratamientos se hace en la sección de Construcción.
2. Tratamiento con soda caústica. Este tratamiento difiere del anterior en que en lugar del curado el bambú se trata con una solución de soda caústica, después de lo cual se deja secar al sol.
3. Tratamiento con calor. El bambú una vez cortado se coloca sobre fuego abierto o dentro de una estufa no siendo necesario secarlo después. Este tratamiento solo se emplea con bambúes muy sazonados.

De los tratamientos anteriores, los dos últimos son los que más se emplean en artesanía, por ser mucho más rápidos que el primero; sin embargo, no se recomiendan para el tratamiento de tallos a gran escala, A continuación se explican estos tratamientos como también lo relacionado con la edad apropiada para cortar el bambú según sea su aplicación en artesanía.

5.1.1 EDAD APROPIADA PARA EL CORTE

Por lo general el promedio de vida de un tallo de bambú es de 6 años o más, de acuerdo con la especie. Pasado este tiempo el tallo comienza a perder resistencia, su color se va tornando blanco hasta secarse completamente algún tiempo después.

Durante el período de vida del tallo se presentan dos etapas: la primera corresponde a su crecimiento y desarrollo, lo que toma aproximadamente 6 meses. Durante esta etapa el tallo no es utilizable industrialmente en artesanía por ser demasiado blando. Terminado su desarrollo, es decir la formación de sus ramas y hojas, se inicia la etapa de maduración o de sazonamiento, en la cual el bambú va adquiriendo progresivamente mayor dureza y resistencia hasta llegar a un grado máximo estable entre los 3 y los 6 años de edad. Por ello se consideran como bambúes no sazonados o inmaduros los que tienen menos de 3 años, y sazonados los que tienen 3 o más años.

En la elaboración de productos artesanales se emplean bambúes no sazonados y sazonados, dependiendo su edad o grado de madurez tanto del tipo de producto que se vaya a fabricar, como de la dureza, resistencia, y acabado que se le quiera dar.

En general los bambúes no sazonados solo se emplean en productos que requieren para su elaboración un material blando y manejable, y en los que el acabado final como la resistencia no se consideran tan importantes.

Los bambúes sazonados se utilizan para la elaboración de productos resistentes a la tensión y al desgaste y para lograr acabados de alta calidad. Con este propósito se emplean en el Japón la especie *Phyllostachys reticulata* (madake) entre los 3 y los 4 años, y la *Phyllostachys edulis* (mosochiku) entre los 5 y los 6 años.

Para saber cual debe ser la edad o grado de sazonamiento de los tallos de una determinada especie, que se quiera utilizar apropiadamente en artesanía; deben hacerse varios ensayos con tallos de diferentes edades. La edad del tallo se puede determinar en la forma como se indica en la sección de Cultivo.

5.1.2 TRATAMIENTO CON SODA CAUSTICA

El bambú una vez cortado se divide en secciones de longitud apropiada, cada una de las cuales se sumerge en un tanque, similar al indicado en el dibujo y fotografía, el cual contiene una solución de 0.3% de soda caústica (NaOH) disuelta en agua, calentada previamente a una temperatura de 90°C. o un poco mayor. No se obtienen buenos resultados cuando la temperatura es menor. El bambú debe permanecer sumergido en esta solución por espacio de 10 a 15 minutos. Si se deja un tiempo mayor puede cambiar de color y modificarse su flexibilidad y resistencia.

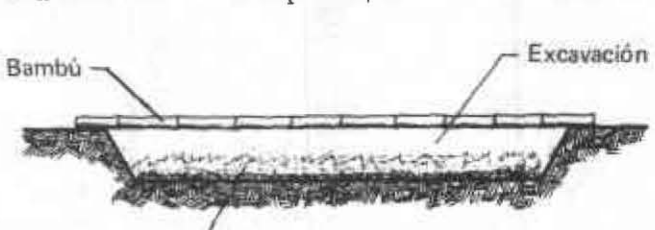
Una vez que se saque el bambú del tanque debe limpiarse con un trapo la resina que cubra su superficie y que de dejarse puede mancharla. Posteriormente el bambú se deja secar al sol, colocándolo recostado casi verticalmente sobre un soporte horizontal, teniendo el cuidado de girarlo cada 2 ó 3 días para que reciba el sol en toda la superficie.

Este tratamiento además de que remueve la totalidad de la savia existente en el interior del bambú, mata los insectos y huevos que contenga. A pesar de que el material tratado en esta forma queda menos propenso al ataque de los insectos, se recomienda la aplicación de un preservativo después de efectuado este tratamiento.

Tanque para el tratamiento con soda cáustica.

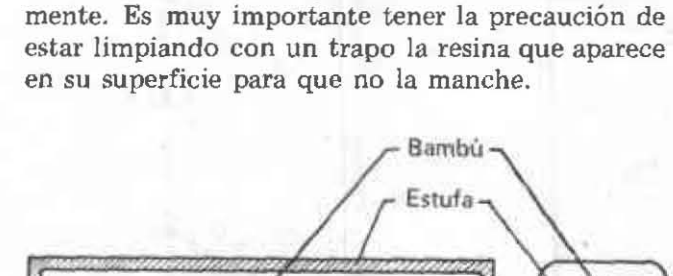
5.1.3 TRATAMIENTO CON CALOR

Este tratamiento es similar al "secado sobre fuego abierto", que como se indica en la sección de Construcción se hace colocando el bambú horizontalmente entre dos soportes, sobre un tendido de



brasas, o colocando éstas en el fondo de una excavación sobre los bordes de la cual se colocan los extremos del bambú tal como se indica en el dibujo. El bambú debe rotarse continuamente y en ningún caso debe ser tocado por las llamas.

En las industrias artesanales del Japón se emplea un sistema más refinado que el anterior. Consiste en una estufa metálica, eléctrica o de gas, que tiene en la parte inferior la zona de calor, como se indica en el dibujo. El bambú se introduce por uno de los huecos extremos apoyándose sobre el borde inferior de éstos y haciéndose rotar continuamente. Es muy importante tener la precaución de estar limpiando con un trapo la resina que aparece en su superficie para que no la manche.



Estufa metálica para el secado del bambú.

5.1.4 APLICACION DE PRESERVATIVOS.

Para que el producto terminado no sea luego atacado por insectos y hongos se recomienda aplicar en el bambú después de secado o al mes de tratado con soda caústica, un tratamiento preservativo para lo cual se puede aplicar uno de los productos preservativos indicados en la sección de Construcción que en ningún caso deben manchar el material.

5.1.4.1 Tratamiento Preventivo Contra Hongos.

Según Kawaguchi (30), para que los productos de bambú no sean atacados por los hongos, su contenido de humedad debe ser menor del 15% o sea que la humedad relativa del lugar en que se encuentran debe ser menor del 60%. Recomienda una temperatura ambiente mayor del 20°C.

En el Japón, la humedad relativa en la estación húmeda es del 70% al 90%, por ello se acostumbra aplicar un tratamiento apropiado a los productos de bambú, para evitar el ataque de los hongos. Este tratamiento puede ser físico o químico. El físico comprende:

1. El recubrimiento con pintura o cualquier otro producto similar. En este caso el bambú debe estar totalmente seco y la pintura debe cubrir completamente su superficie.
2. El recubrimiento o empaque del producto con un material impermeable o plástico como polietileno o PVC para evitar su contacto con el aire húmedo. El producto debe estar completamente seco antes de empacarlo, de lo contrario este tratamiento no tiene ningún efecto.

El tratamiento químico consiste en la aplicación de agentes químicos entre los cuales los compuestos de mercurio orgánico y estaño son los más recomendados. Como generalmente se utilizan productos comerciales de conocida efectividad, deben seguirse al pie de la letra las instrucciones de aplicación indicadas en cada uno de ellos para obtener buenos resultados. Es importante anotar que la mayoría de estos productos comerciales son preparados con el doble fin de prevenir el ataque de insectos y de hongos. (Ver tratamiento con preservativos.).

Algunos hongos como el verde (penicillium), malta y otros pueden removerse fácilmente de la superficie del bambú una vez seco, por medio de un cepillo y limpiándolos con un trapo. Otros hongos como la bacteria imperfecta y los negros que se desarrollan en el bambú después de sumergidos en agua, son muy difíciles de quitar aún hirviéndolos con agentes blanqueadores o cloruro de sodio.

Algunos insectos y bichos se encuentran en los lugares donde se desarrollan hongos, alimentándose de las secreciones de éstos. Estos insectos, en su mayoría casi microscópicos no atacan el bambú pero manchan su superficie con el excremento.

5.2 PROCESAMIENTO MANUAL DEL BAMBU

El procesamiento del bambú o sea su transformación en diversos elementos necesarios para la elaboración de productos artesanales tales como cintas, palillos etc., debe hacerse solo después de que el tarugo completo de bambú haya sido curado y tratado en la forma indicada anteriormente, para evitar que el producto terminado sea atacado posteriormente por los insectos.

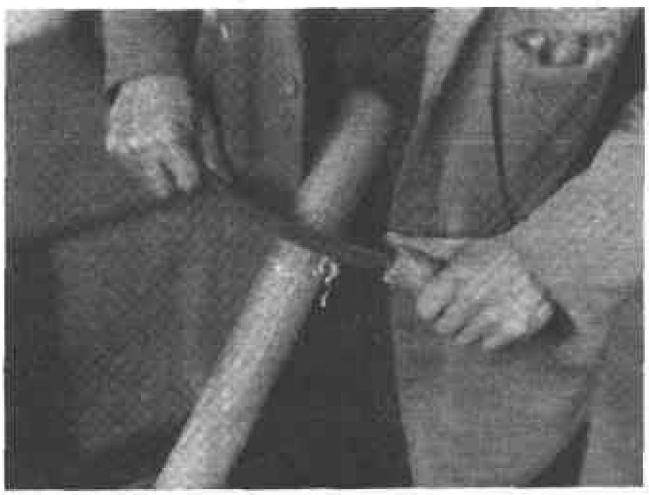
El procesamiento puede hacerse manualmente, empleando para ello herramientas muy simples y de bajo costo, o máquinas relativamente costosas que por lo general se emplean en las grandes industrias artesanales de Taiwan y Japón. Al final de esta sección se muestran las máquinas necesarias para la elaboración a gran escala de varios productos artesanales. Estas máquinas se fabrican en el Japón y el lector interesado puede solicitar en los consulados de este país la lista y dirección de los fabricantes.

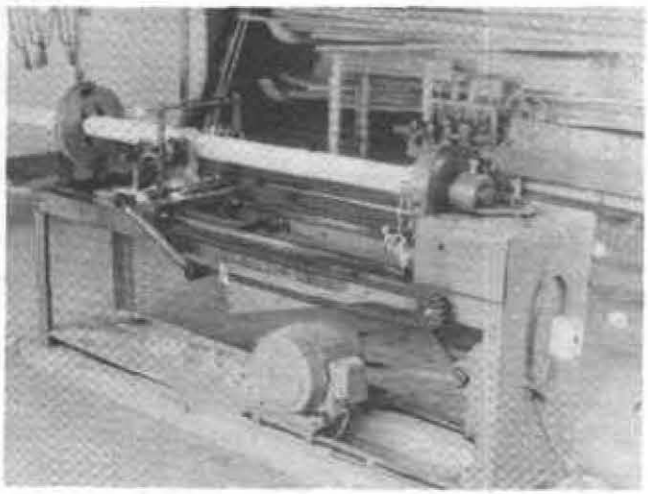
A continuación se describen en forma resumida la diversas actividades que comprende el procesamiento, como son: pelado del bambú, corte transversal y longitudinal, elaboración de cintas y palillos, doblado al calor y aplicación de colorantes.

5.2.1 PELADO DEL BAMBU

Cuando el bambú no se va a emplear en su forma natural sino en palillos o en cintas, lo primero que debe hacerse es suprimir la capa externa del bambú. Esto se logra ya sea empleando una herramienta manual o una máquina peladora igual a la que se indica en la figura. La herramienta manual es muy similar a un cuchillo curvo, con dos mangos, para agarrarlo con ambas manos. La

Para remover la capa externa del bambú, que contiene mayor cantidad de sílice, se emplea un cuchillo curvo, como el indicado en la fotografía.





Máquina peladora utilizada en las grandes industrias artesanales del Japón para remover la capa externa del bambú.

operación de pelado se hace en un solo sentido como se ilustra en la fotografía. El espesor de la capa que debe suprimirse es de uno a dos milímetros de acuerdo a la especie.

5.2.2. CORTE DEL TARUGO

Las secciones o tarugos de bambú pueden cortarse ya sea en sentido transversal o longitudinal. Para cortarlo en sentido transversal se emplean sierras, serruchos o seguetas pero en ningún caso deben usarse machetes o hachas.

Longitudinalmente, ya sea en sentido radial o tangencial, el bambú se deja rajar muy fácilmente y por ello no se requieren serruchos o herramientas similares, a no ser que se desee hacer un corte hasta cierto punto en el tarugo. Para cortes radiales se pueden emplear machetes delgados o cuchillos grandes que se introducen golpeándolos con un martillo de madera o metal. Una herramienta muy práctica para dividir el tallo radialmente en partes iguales puede verse en la página 239. Consiste de un anillo metálico con dos agarraderas opuestas. En la parte central lleva un número de cuchillas radiales igualmente repartidas para obtener secciones del mismo ancho. En el Japón se emplean varios tipos de estas herramientas que tienen desde 2 hasta 10 o más cuchillas fijas.

Los cortes tangenciales, para obtener cintas, se pueden hacer por medio de una máquina especial o manualmente empleando un formón o un cuchillo afilado. Es muy importante tener en cuenta que las capas externas de la pared del bambú tienen mayor resistencia que las capas internas, por esta razón la capa externa se emplea en la elaboración de cables de bambú.

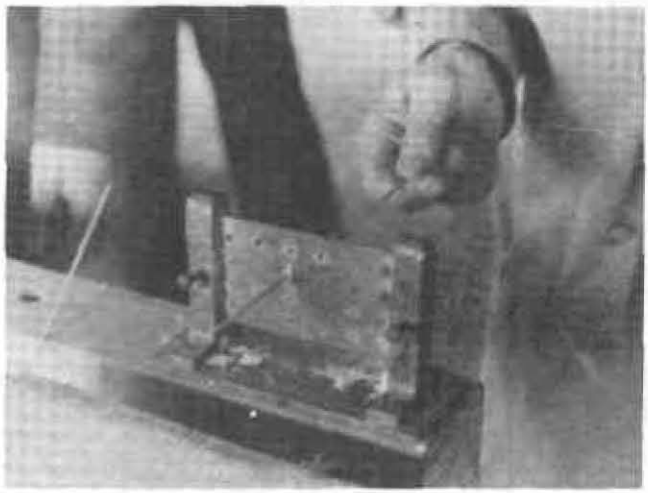
5.2.3 ELABORACION DE PALILLOS O VARILLAS REDONDAS

Para la elaboración de varillas o palillos redondos se emplea una pletina de acero con perforaciones de diferente diámetro, como la que se indica en la fotografía. Las varillas obtenidas de latas o tablillas de bambú, se hacen pasar forzadamente a través de una de las perforaciones, halándolas con un alicate.

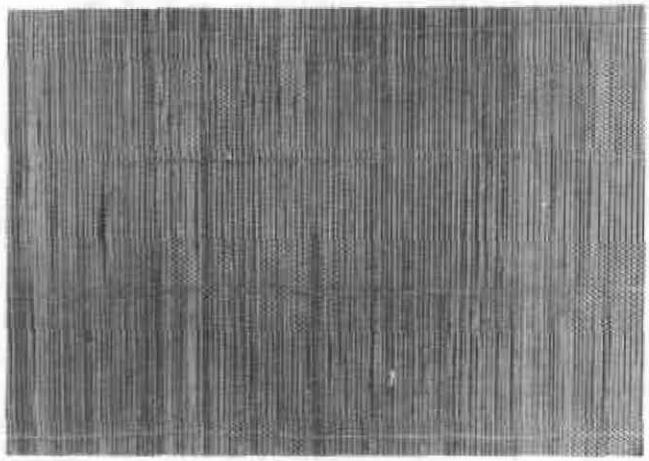
5.2.4 DOBLADO AL CALOR.

El bambú tiene la particularidad, al igual que el acero, de poderse doblar al calor. Esta característica se aprovecha tanto en la elaboración de productos artesanales como en otros propósitos.

Pletina metálica con perforaciones de diferente diámetro, utilizada para la elaboración de varillas o palillos redondos.



Las varillas o palillos redondos se emplean en la elaboración de cortinas, persianas, y carpetas, como la que se muestra en la fotografía.



Para el doblado al calor se emplean diferentes sistemas según las dimensiones del bambú. Los bambúes de diámetros mayores de 8 cms. pueden doblarse colocándolos previamente sobre un fuego abierto, como se explica en el tratamiento visto anteriormente. Este sistema se emplea en la India para enderezar bambúes torcidos; y en China para doblar hacia arriba los extremos de los bambúes que se utilizan en la construcción de balsas o botes, lo que se hace como medida de seguridad tanto para amortiguar los golpes como para evitar que el agua entre por los extremos en caso de que se rompan los tabiques.

Tallos de menor diámetro como también rizomas del grupo leptomorfo (ver Cultivo) se doblan al calor utilizando para ello un soplete de gas o de gasolina. En este caso la llama no debe concentrarse en un solo punto ni aproximarse tanto que puede quemar el material. Una vez terminado el doblado, el bambú debe fijarse en la posición lograda ya sea amarrándolo o asegurándolo con ganchos etc., hasta que se enfríe completamente; de lo contrario el bambú trata de volver a su posición original. Es muy conveniente pasarle un trapo húmedo para enfriarlo más rapidamente, una vez terminado el doblado.

Cuando sea necesario doblarlo en curva muy cerrada, esta operación debe hacerse en 2 ó 3 etapas dejando enfriar el material en cada una de ellas.

En lo posible el doblado debe hacerse en la zona de los internudos. Si por alguna razón se hace en la zona de un nudo y éste es saliente o pronunciado debe cortarse o rasparse hasta el nivel del internudo, antes de efectuar el doblado.

Piezas delgadas y cintas de bambú pueden doblarse al calor de una lámpara de alcohol.

Los rizomas leptomorfos se emplean en la elaboración de aros, calentándolos con un soplete de gas.

Los tallos de 3/8" de diámetro pueden doblarse al calor de una lámpara o de un soplete de gas. Una vez doblados deben fijarse hasta que se enfrien.

Para doblar cintas y palillos de bambú, éstos deben sumergirse previamente en agua, por espacio de 2 ó 3 horas. El doblado se hace utilizando ya sea una lámpara de alcohol o una varilla o pletina de acero bien caliente, pero no puesta al rojo.

Es muy importante tener en cuenta que en ningún caso el bambú debe ser forzado a presionarse demasiado al tratar de doblarlo. Esta operación debe hacerse lentamente a medida que el material lo permita.

Otro sistema que se emplea para doblar el bambú y que es muy utilizado en maderas consiste en someter el bambú a un baño de vapor, en una cámara especial. Una vez que se ablande se saca y se dobla en la forma deseada, fijándolo hasta que se seque completamente.

5.2.5 APLICACION DE COLORANTES

Es posible lograr un mayor colorido en las canastas, esteras y otros productos artesanales de bambú, empleando cintas y/o palillos de color natural combinados con otros teñidos en diferentes colores. El sistema que a continuación se describe, se emplea para aplicar al bambú cualquier tipo de colorante vegetal o sintético. Con este propósito se emplean bambúes con diámetros mayores de 10

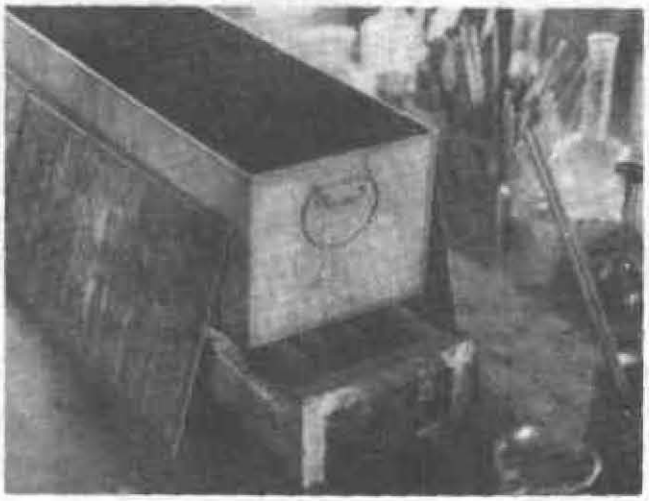
cms. divididos en 4 o más secciones longitudinales o latas, las que una vez teñidas y secas se transforman en cintas y palillos. En ningún caso se recomienda el teñido de cintas o palillos ya elaborados.

La aplicación del colorante se hace por impregnación, utilizando para ello un tanque de acero inoxidable o de lámina galvanizada, como el que se muestra en la fotografía, que tiene en su parte inferior una fuente de calor eléctrica o de gas.

Para preparar la solución, el colorante debe disolverse previamente en un recipiente aparte, antes de diluírlo en el agua caliente del tanque. La solución se deja hervir, después de lo cual se sumerge el bambú en ella por espacio de 20 a 30 minutos, tiempo durante el cual la solución debe mantenerse a una temperatura comprendida entre 80° y 100°C. Pasado este tiempo se sacan las latas de bambú, se lavan en agua limpia a temperatura normal y se dejan secar en una zona cubierta.

La cantidad de colorante que se utilice depende de la concentración que se quiera tener en el bambú. Por otra parte la relación entre el peso del material a teñir y la cantidad de solución necesaria es de 1:40 ó 50; es decir que por un kilo de bambú que se vaya a teñir se requieren de 40 a 50 litros de solución.

Tanque de lámina galvanizada empleado para la aplicación de colorantes.



5.3 TEJIDOS DE BAMBU.

Sin duda alguna, la forma como más se ha utilizado el bambú en artesanía, en el oriente, ha sido en la elaboración de productos tejidos, particularmente de esteras y canastas.

Durante muchos años China mantuvo la supremacía en la técnica de los tejidos de bambú. Su perfección llegó a tal grado que en una época existieron sastres especializados en la confección de vestidos para hombre, los que se hacían totalmente con finas cintas de bambú. Su costo era tan elevado, por el trabajo y tiempo requerido para hacerlos, que solo podían ser adquiridos por gente adinerada, razón por la cual esta moda no perduró.

En los últimos años, la técnica, diseño y belleza de los productos artesanales de bambú, elaborados en el Japón, no han logrado ser superados por país alguno. Ello se debe a que en el Japón existen diversos institutos, denominados de Artes Industriales, como son entre otros los de Beppu, Kanagawa y Kurume; que tienen como función no solo la investigación del mejor aprovechamiento del bambú en artesanía, sino también la de prestar su colaboración y enseñanza técnica a los artesanos japoneses. Los diversos tipos de diseño de tejidos que se muestran al final de esta sección son el fruto de muchos años de investigación realizada por dichos centros que a no dudarlo prestan una admirable labor.

5.3.1 ESTERAS Y PANELES TEJIDOS

En los países orientales, la estera es el elemento tejido de bambú que más diversa aplicación tiene en el hogar, en la construcción de la vivienda, en agricultura y en otras actividades. En su elaboración se emplean desde finas cintas de bambú hasta anchas fajas de esterilla, obtenidas de desarrollar largos tallos, como se explica en la sección de construcción. Su forma, el diseño del tejido, como su resistencia, dependen de su función.

Su uso más común es para cubrir el suelo, a manera de alfombra, y para dormir sobre ella. En China se hace un tipo de estera con un tejido tan fino y flexible de bambú que se emplea durante el verano como colcha y enrollada, como almohada.

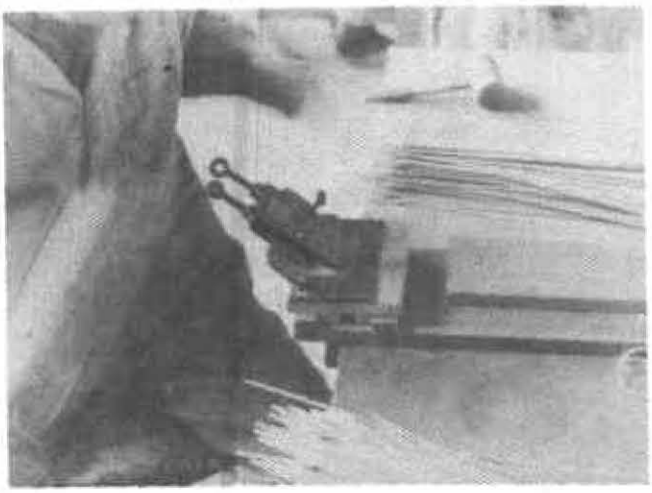
En algunos países del Asia se emplean en la construcción de vivienda, grandes esteras con las cuales se construyen todos los muros exteriores e interiores. En este caso el tejido más usado es el "sawale". Además se utiliza en protecciones del sol y en la fabricación de asientos y espaldares de muebles.

Cuando se emplea la estera como elemento decorativo; se pintan sobre ella diferentes motivos o se elabora con cintas de variados colores. Vale la pena anotar que en la exhibición de pinturas u objetos de arte, ha dado muy buen resultado el empleo de esteras como panel de fondo.

En agricultura se emplean grandes y gruesas esteras para el secado de frutas y de otros productos que pueden dañarse en contacto con el suelo. En cultivos especiales como el de la orquídea se emplean como protección del viento. Además se emplean muchísimo en la construcción de gallineros y corrales.

Quizás de los usos más interesantes que se le ha dado a la estera, en Filipinas, ha sido en la fabricación de aviones, como recubrimiento del fuselaje. (Ver Ingeniería Aeronáutica).

Las fotografías muestran un taller de artesanía en el Japón, y algunos de los elementos y herramientas más indispensables para la elaboración de diversos productos.



5.3.2 CANASTAS.

Entre todos los artículos que se elaboran de bambú en los países orientales, las canastas ocupan el primer lugar, no solo por la variedad de formas en que se fabrican sino por la diversidad de aplicaciones que tienen en el hogar, en la industria en el transporte, en el comercio, en la construcción etc.

En el Japón, cada canasta es diseñada de acuerdo a la función que vaya a prestar y de ello depende la forma, resistencia y finura del tejido que se debe utilizar. Por esta razón existe un tipo de canasta para cada actividad. Por ejemplo: para la venta y transporte de frutas y vegetales, para los cambiadores de monedas, para el transporte de tierra y arena, para el transporte de aves, para los vendedores de pescado etc. En igual forma los LAKHERS, en la India, emplean alrededor de 18 canastas con diversas funciones la más pequeña de las cuales, denominada "phauaw - pawkho", tiene 6 cms. de altura y se utiliza para medir la porción de arroz que consume una persona. Una de las canastas más grandes que elaboran es la "auchari" que tiene 45 cms. de altura por 5 metros de largo, utilizada para transportar gallinas y aún como gallinero.

Como costumbre curiosa los Rengma Nagas y otros tribus de la India emplean dos tipos de canastas para cada actividad; una para uso exclusivo de la mujer y otra para el hombre. Por lo general la diferencia entre las dos canastas es la forma de la base; la usada por la mujer es de base cónica y la del hombre plana.

En el campo industrial, las canastas constituyen parte esencial del equipo requerido por muchas fábricas. Por ejemplo: en la industria de la seda, las hojas de la mora, en las que se desarrolla el gusano de seda, son transportadas en canastas especiales.

En la construcción de pequeñas presas, en la reperación de diques y para evitar la erosión de las orillas de los ríos o canales, se emplean canastas cilíndricas de bambú que se llenan con piedras; evitándose así que éstas rueden o sean arrastradas por la corriente.

Las especies más utilizadas en la elaboración de canastas son: en China, la *Bambusa tuldoides* para canastas muy resistentes; y la *B. textilis* para canastas más livianas. En Japón las especies del género *Phyllostachys* y en la India las especies del género *Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Melocanna*, *Gigantochloa y Schizostachyum*.

Canastas para el transporte de aves.

Canasta para depositar basura.

5.3.3 DISEÑOS DE TEJIDOS ELABORADOS CON CINTAS DE BAMBU

Según su forma y aplicación, los tejidos de bambú están clasificados en 6 métodos básicos como son:

1. Tejido cuadrado (Yotsume - Ami)
2. Tejido exagonal (Mutsume - Ami).
3. Ajiro.
4. Tejido del cuerpo (Do - Ami).
5. Tejido de la base (Shikizoko - Ami).
6. Tejido del borde.

En estos 6 métodos, el diseño del tejido puede variar de acuerdo al ancho de las cintas de bambú que se empleen, como también a la aplicación combinada de cintas de color natural con otras previamente teñidas como se puede observar en algunas de las fotografías.

5.3.3.1 Tejido Cuadrado (Yotsume - Ami)

Este es uno de los métodos básicos de tejido. Su elaboración parece ser muy simple pero requiere de una gran habilidad técnica. Las cintas se tejen a través o en forma de cruz, de tal manera que dos cintas opuestas colocadas en posición paralela formen cuadrados, siendo lo más importante que la dimensión de los cuadrados sea uniforme.

Este tejido tiene gran aplicación en productos de diversas clases, desde los más económicos hasta los de más alta calidad.

5.3.3.2 Tejido Exagonal (Mutsume - Ami)

El tejido exagonal es tan básico como el cuadrado y ambos se denominan "tejido de malla de canasta".

En el tejido exagonal se emplean 6 cintas de bambú tejidas de tal manera que formen un diseño exagonal. Este tipo de tejido se emplea muchísimo en la elaboración de canastas para frutas, revistas y canastas para basura.

5.3.3.3. Tejido Ajiro

En este método se emplean 3 o más cintas de bambú colocadas muy próximas entre sí, tejidas en cruz para formar un diseño uniforme y fino. En el tejido Ajiro existen muchos diseños que no pueden obtenerse por los métodos "cuadrado" y "exagonal".

5.3.3.4 Tejido del Cuerpo (Do - Ami)

Este método se emplea sólo para tejer el cuerpo de la canasta y no pertenece a ninguno de los 3 métodos de tejido mencionados anteriormente. Cada uno de los tejidos hechos con este método, tienen un nombre característico según su semejanza. Por ejemplo: tejido de ladrillo, tejido de maíz, tejido de cuerda, tejido de la ola del mar en clama, etc.

5.3.3.5 Tejido de la Base (Shikizoko - Ami)

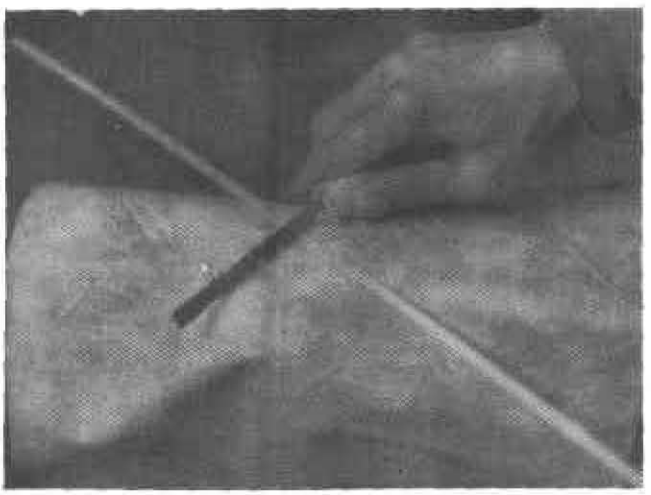
Se emplea para la elaboración de bases de canastas. Por lo general su forma es pentagonal u octagonal y no exagonal. Se emplea también para decoraciones de muros.

5.3.3.6 Tejido del Borde

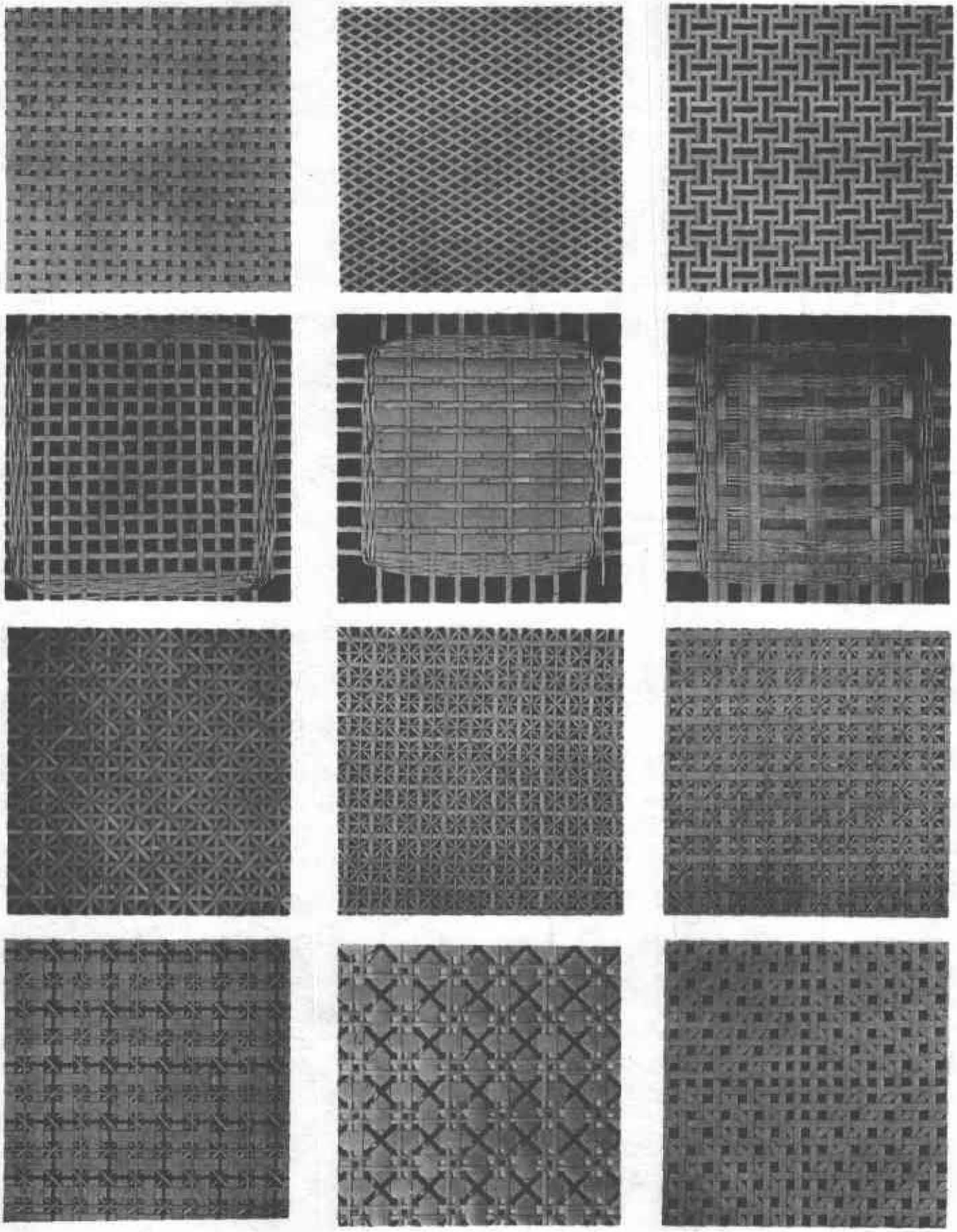
Como su nombre lo indica se emplea para tejer los bordes superiores de los canastos o de otros productos similares.

Para mantener en posición las cintas tejidas se aseguran en marcos de madera o metal.

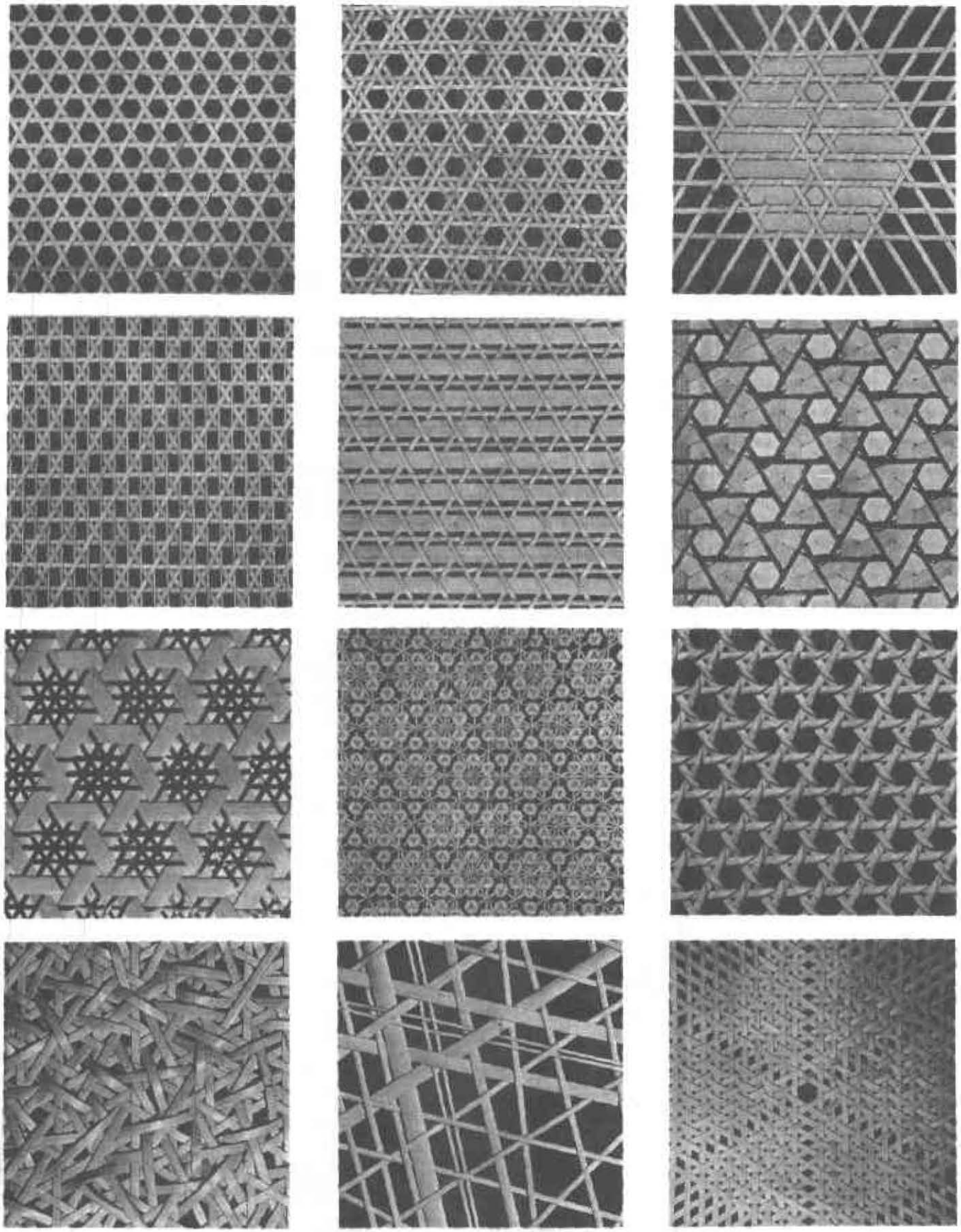
Las cintas de bambú se emparejan con ayuda de una herramienta biseladora como la que se muestra en la fotografía.



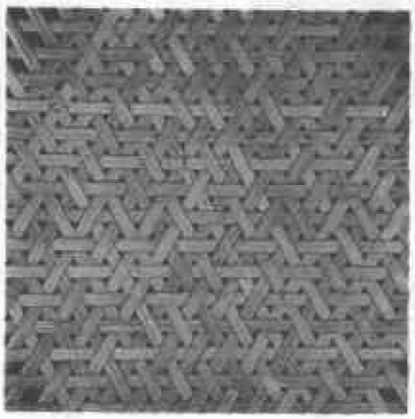
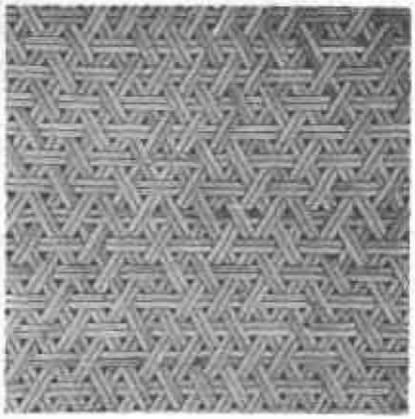
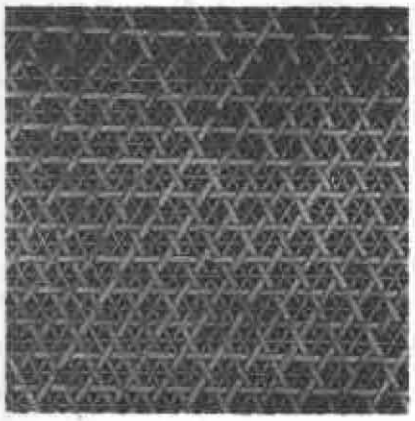
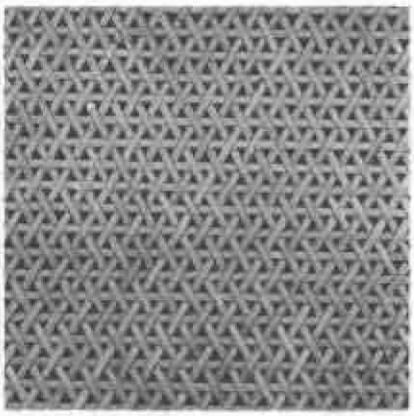
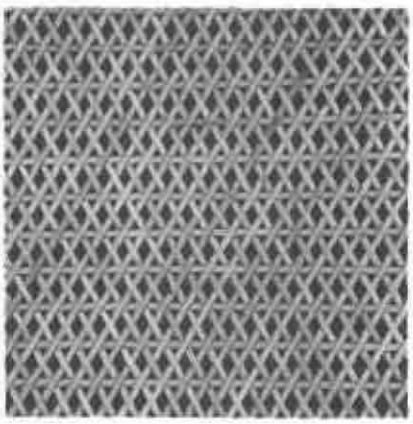
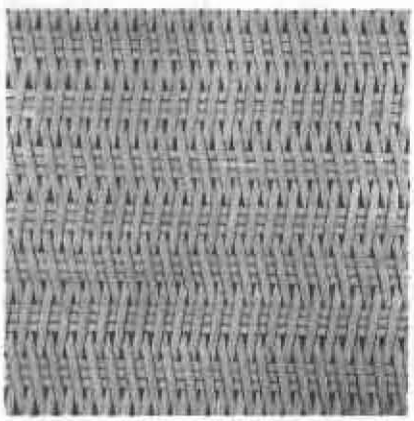
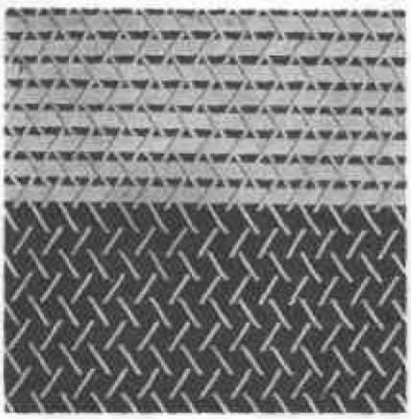
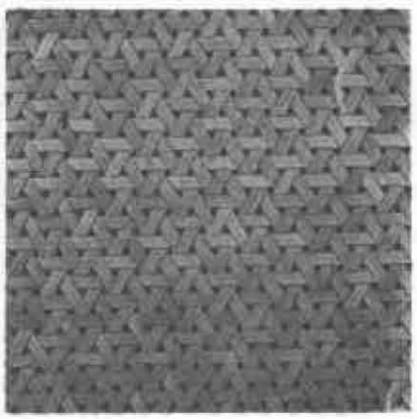
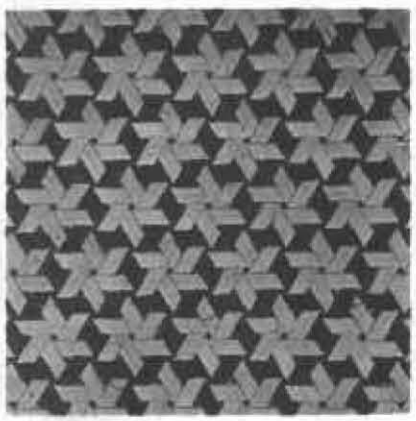
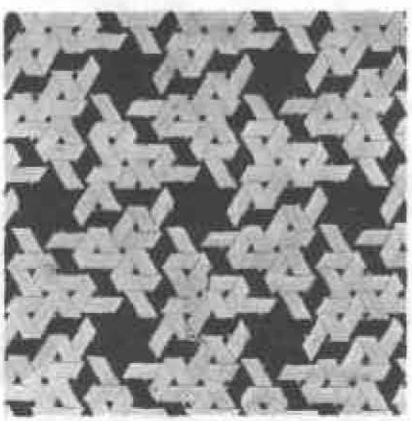
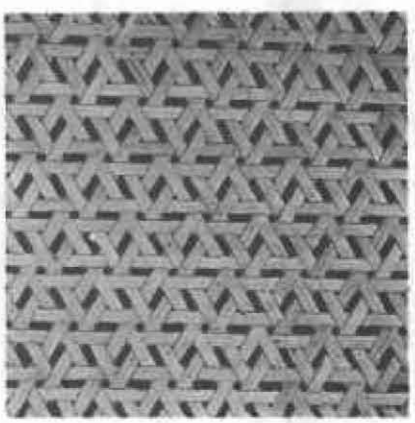
TEJIDO CUADRADO



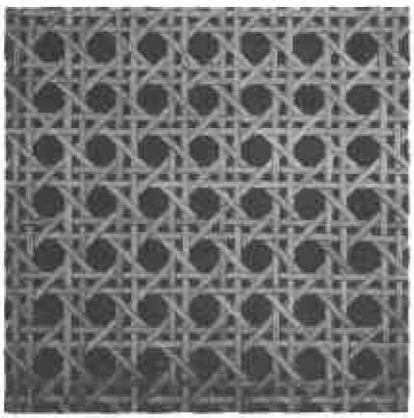
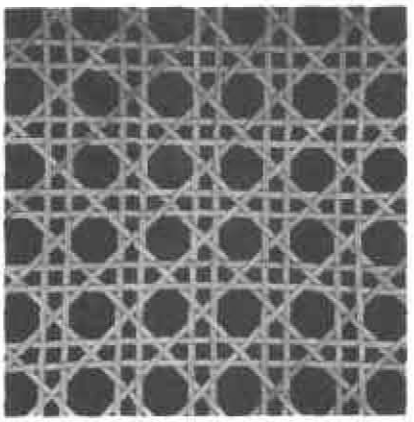
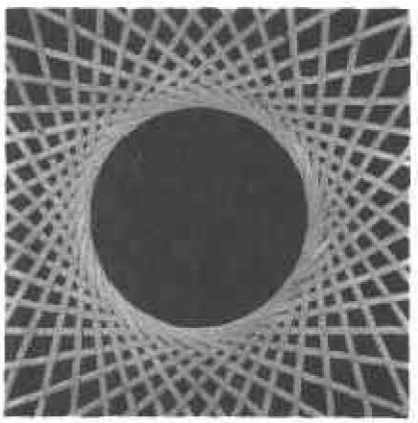
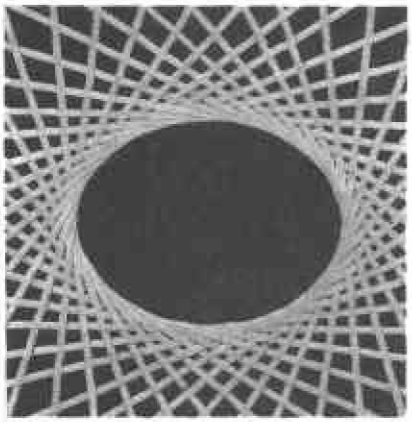
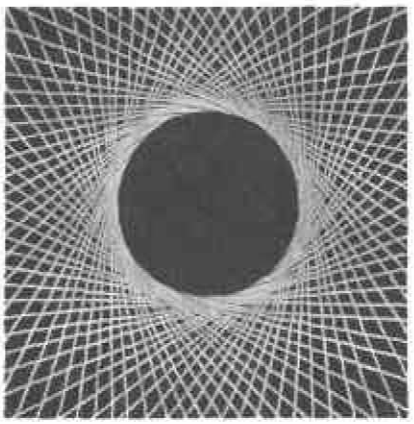
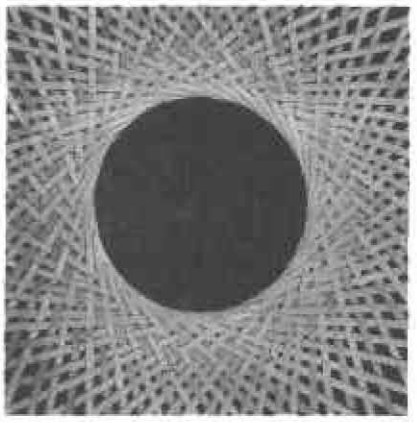
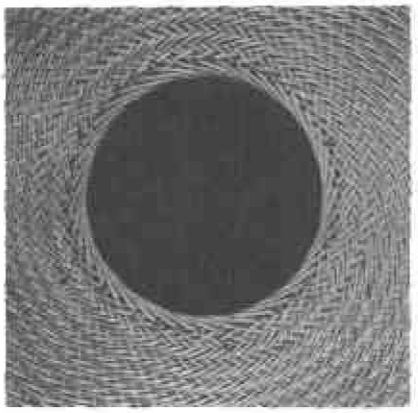
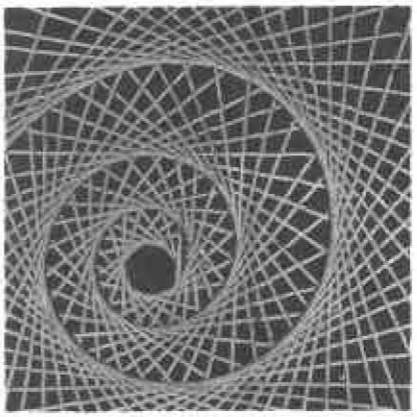
TEJIDO EXAGONAL



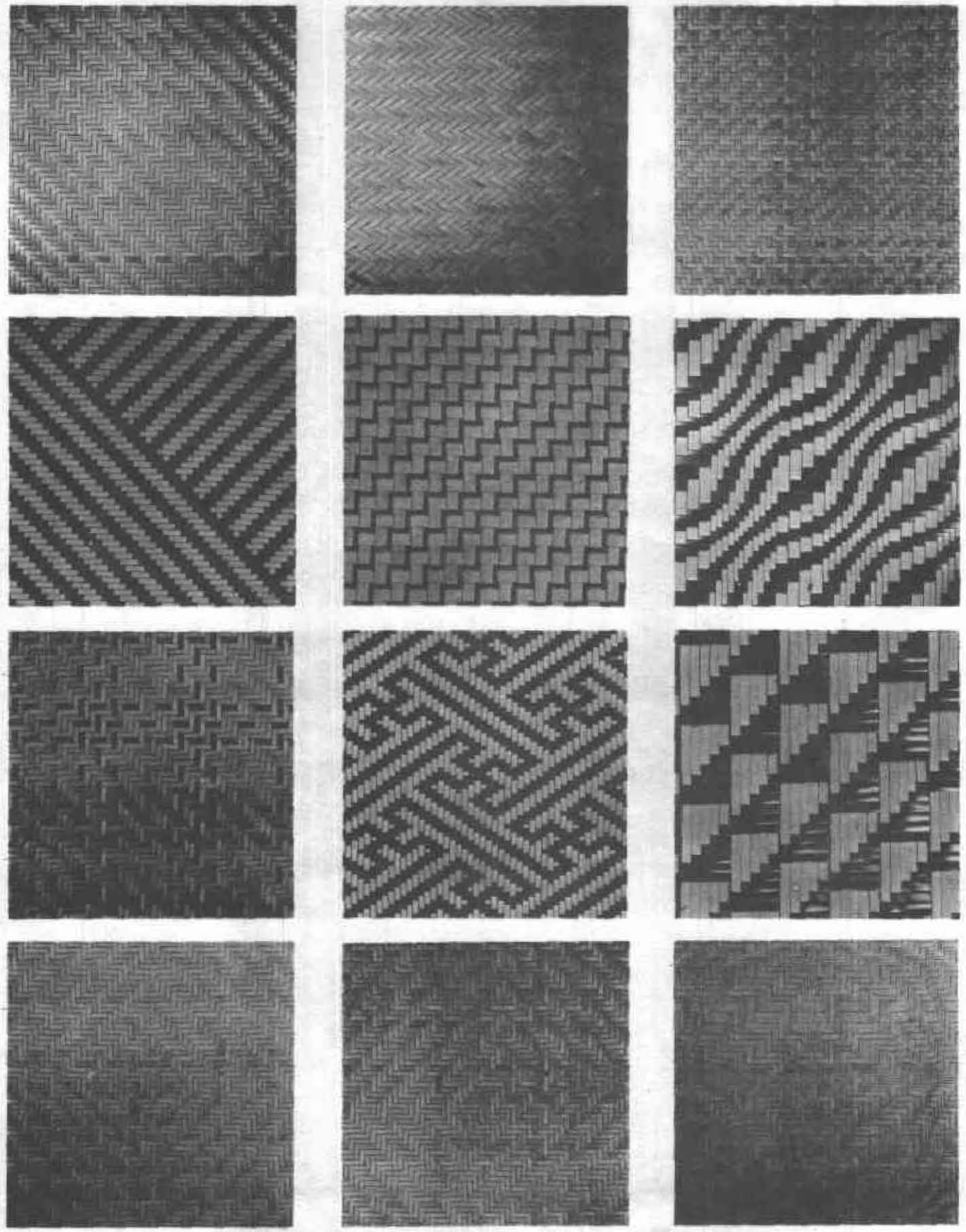
TEJIDO EXAGONAL (continuación)

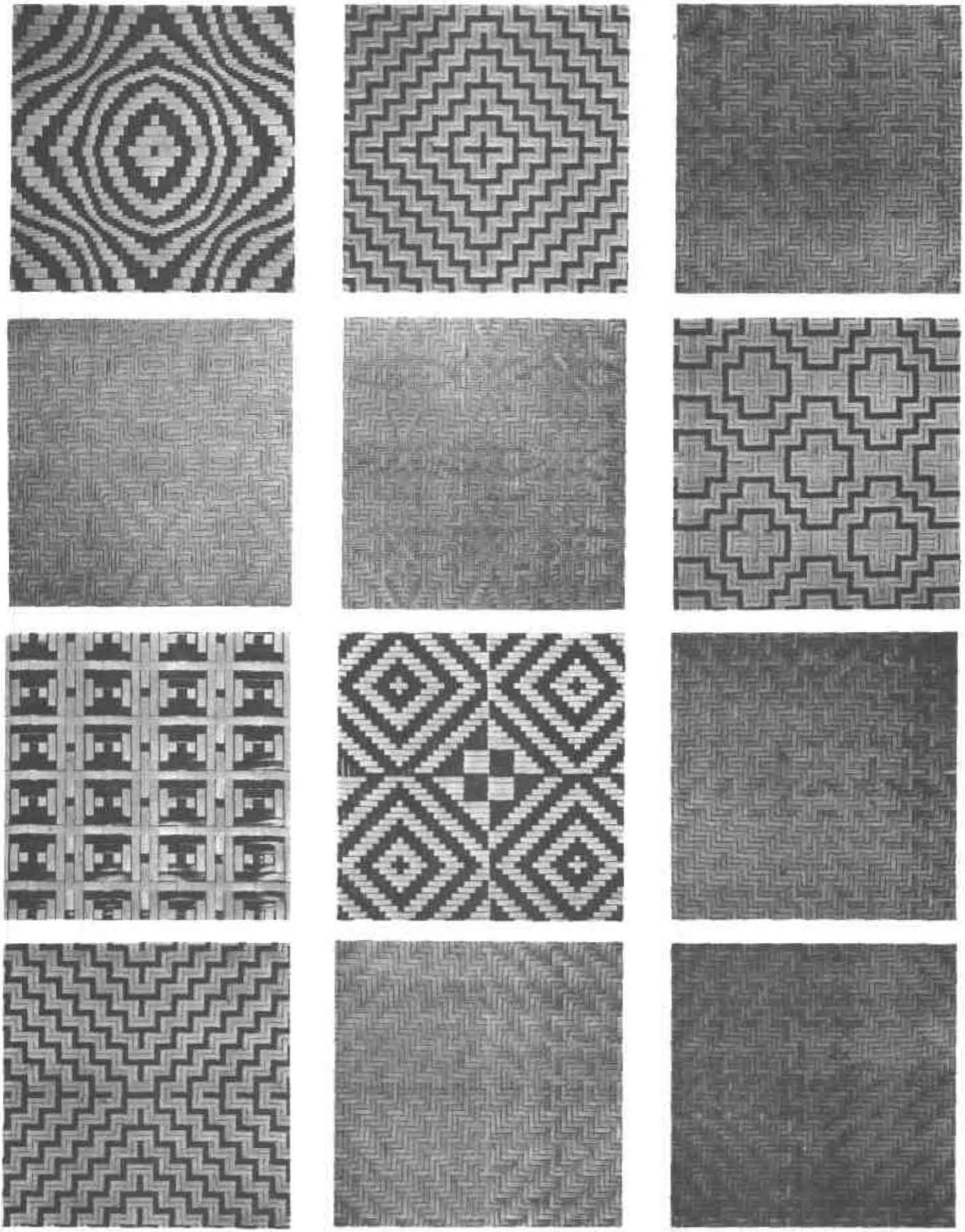
TEJIDO EXAGONAL (continuación)

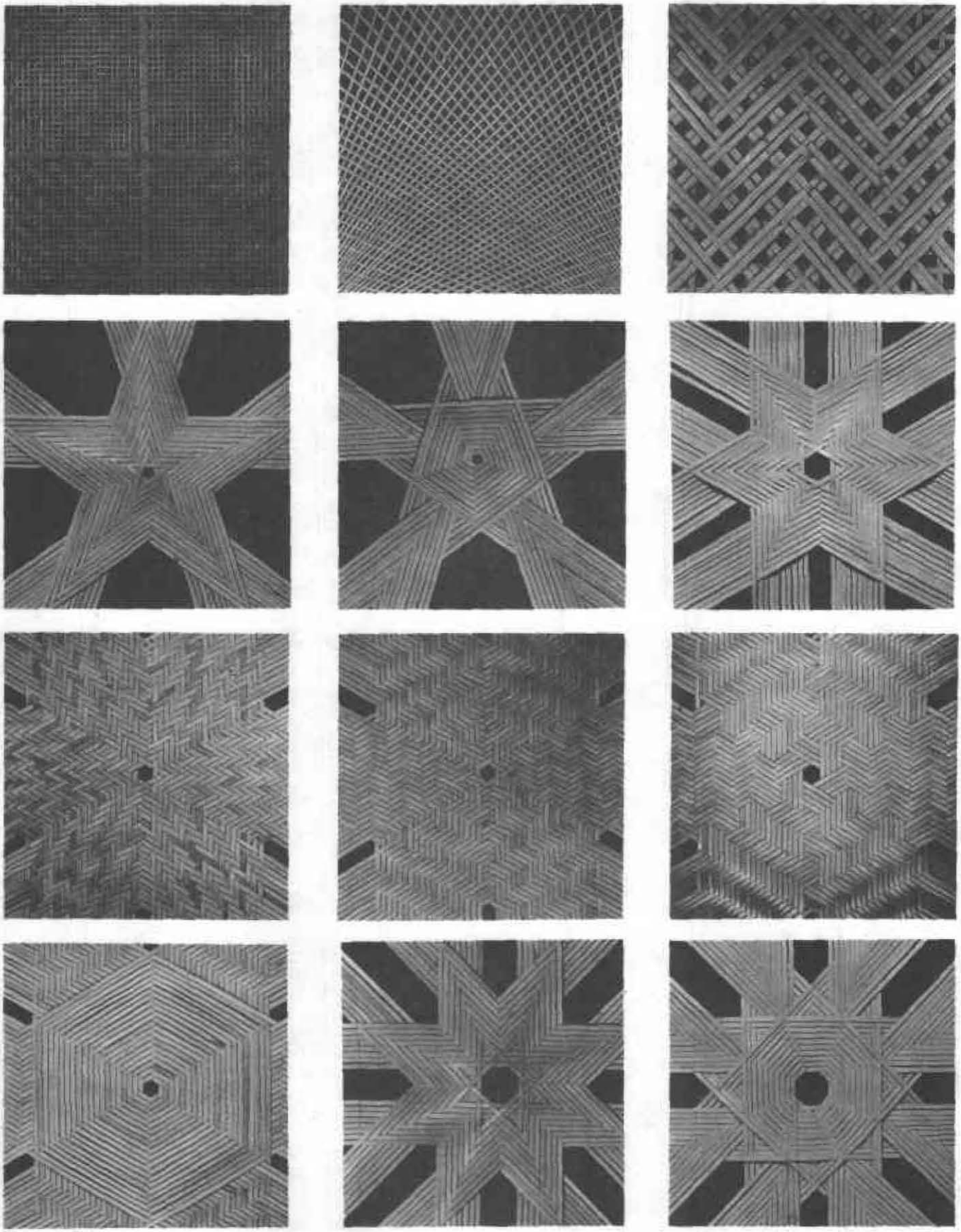
TEJIDO AJIRO



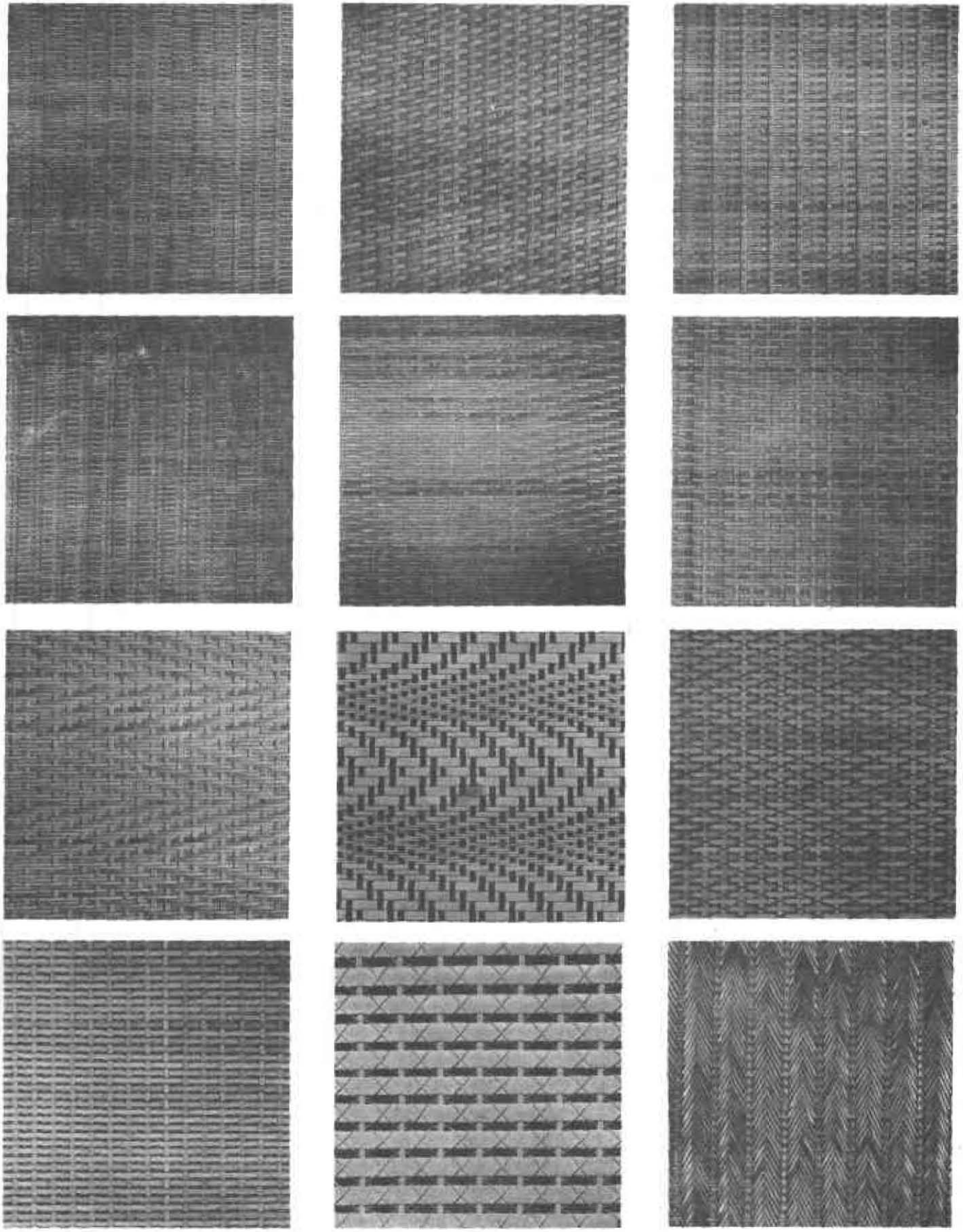
TEJIDO AJIRO *(continuación)*



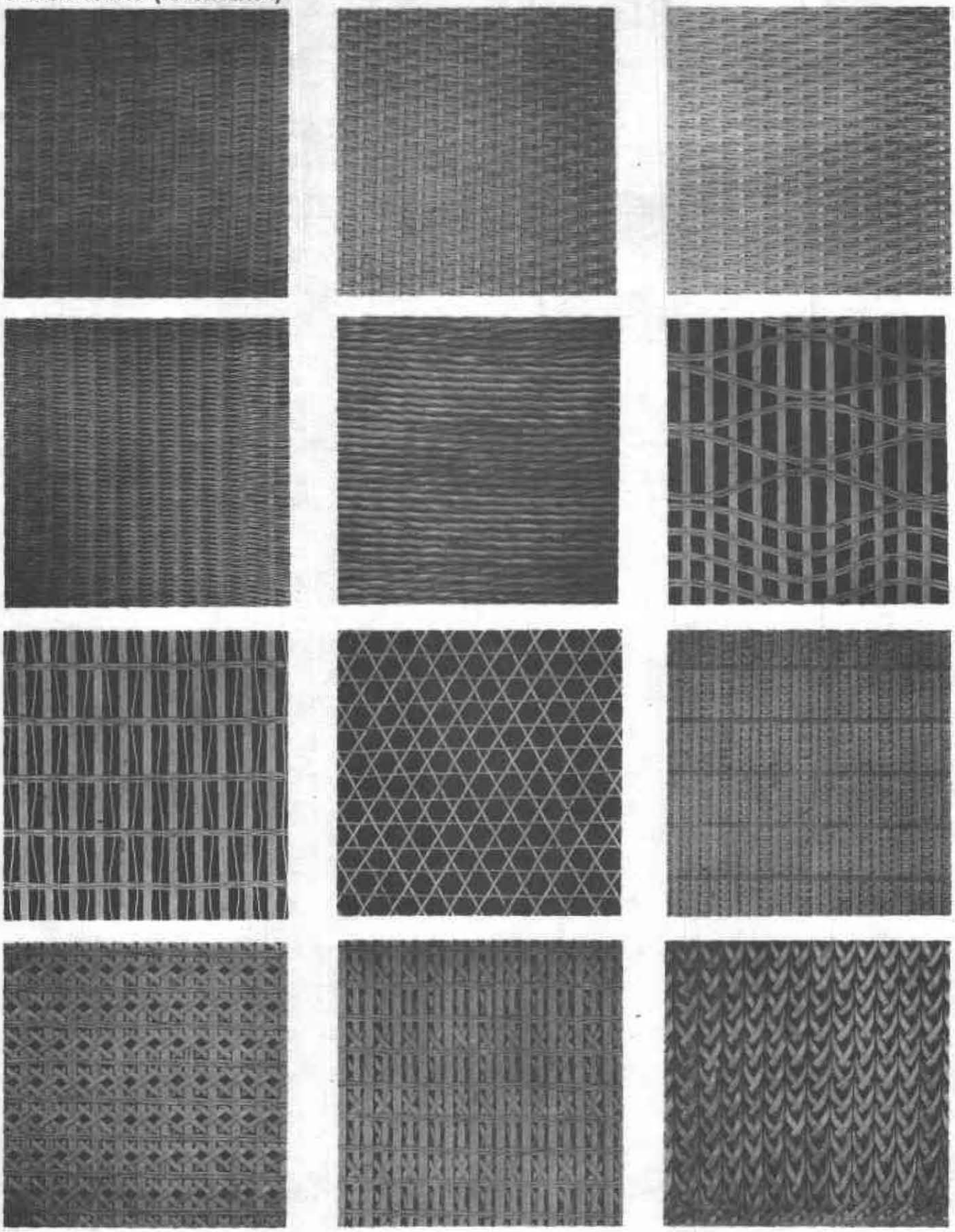
TEJIDO AJIRO (continuación)

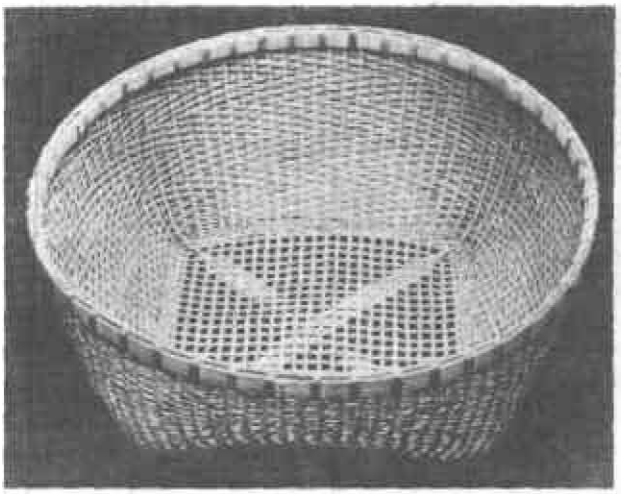


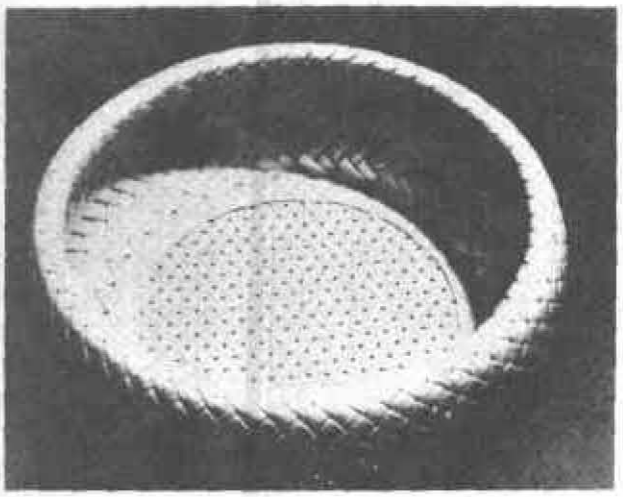
TEJIDO AJIRO (continuación)



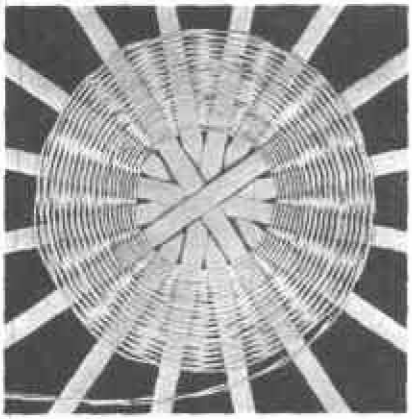
TEJIDO AJIRO (continuación)

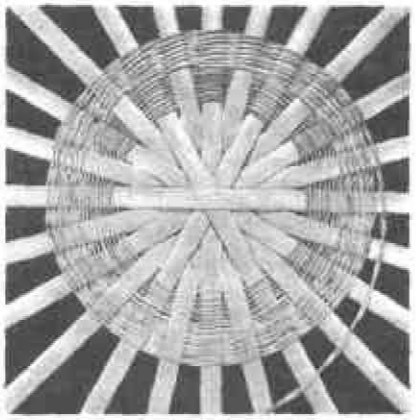


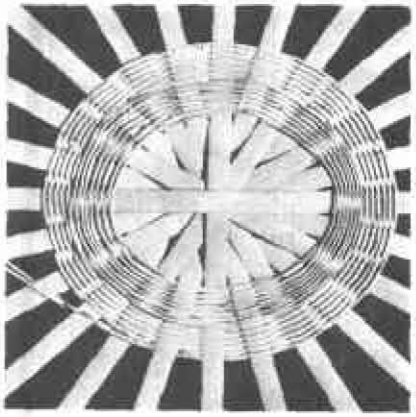


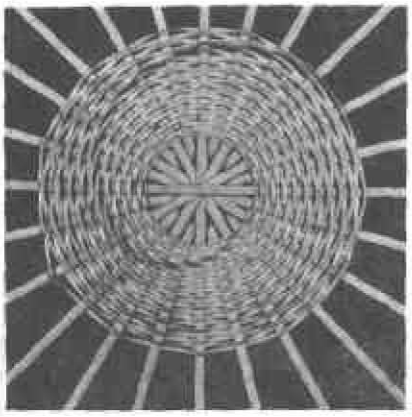


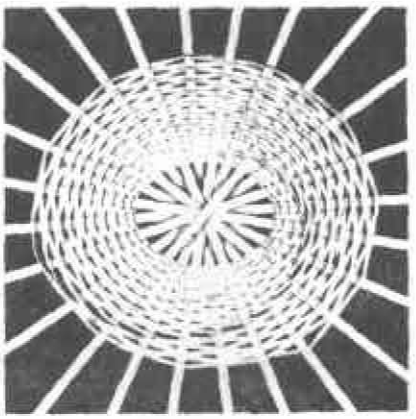
TEJIDO DE LA BASE



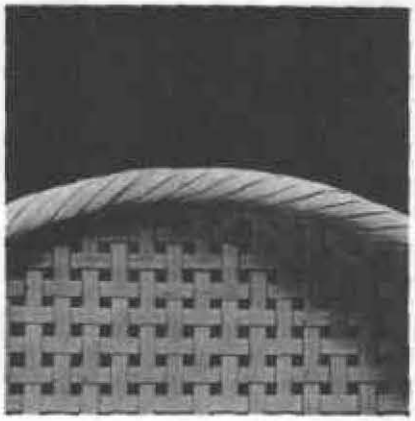


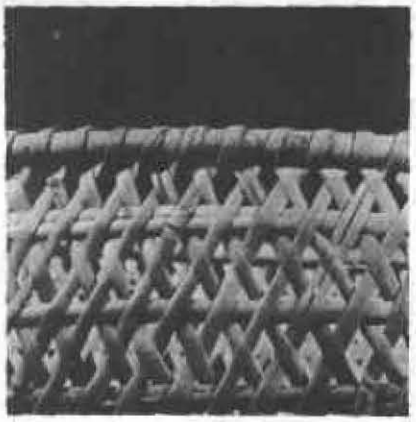




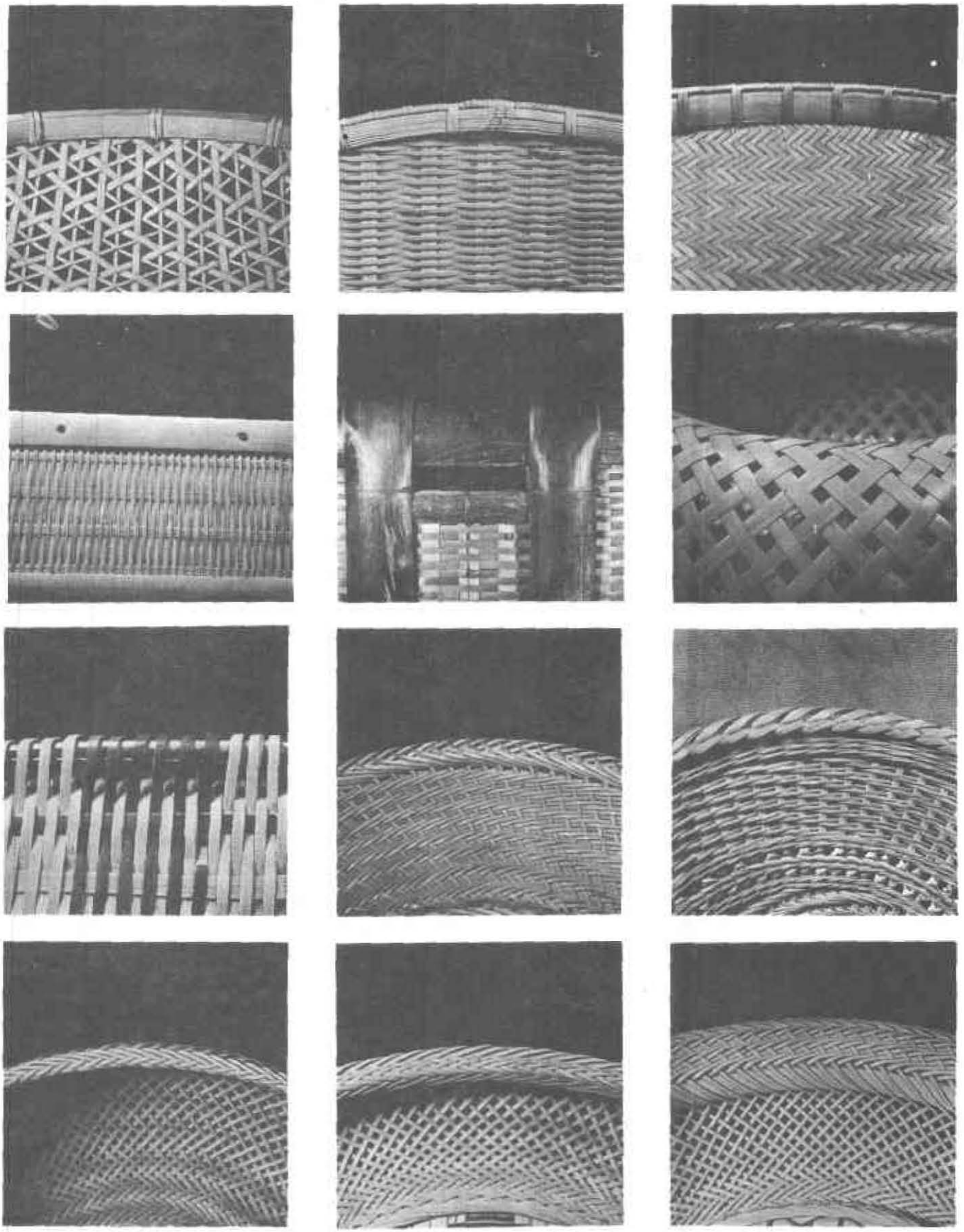


TEJIDO DEL BORDE

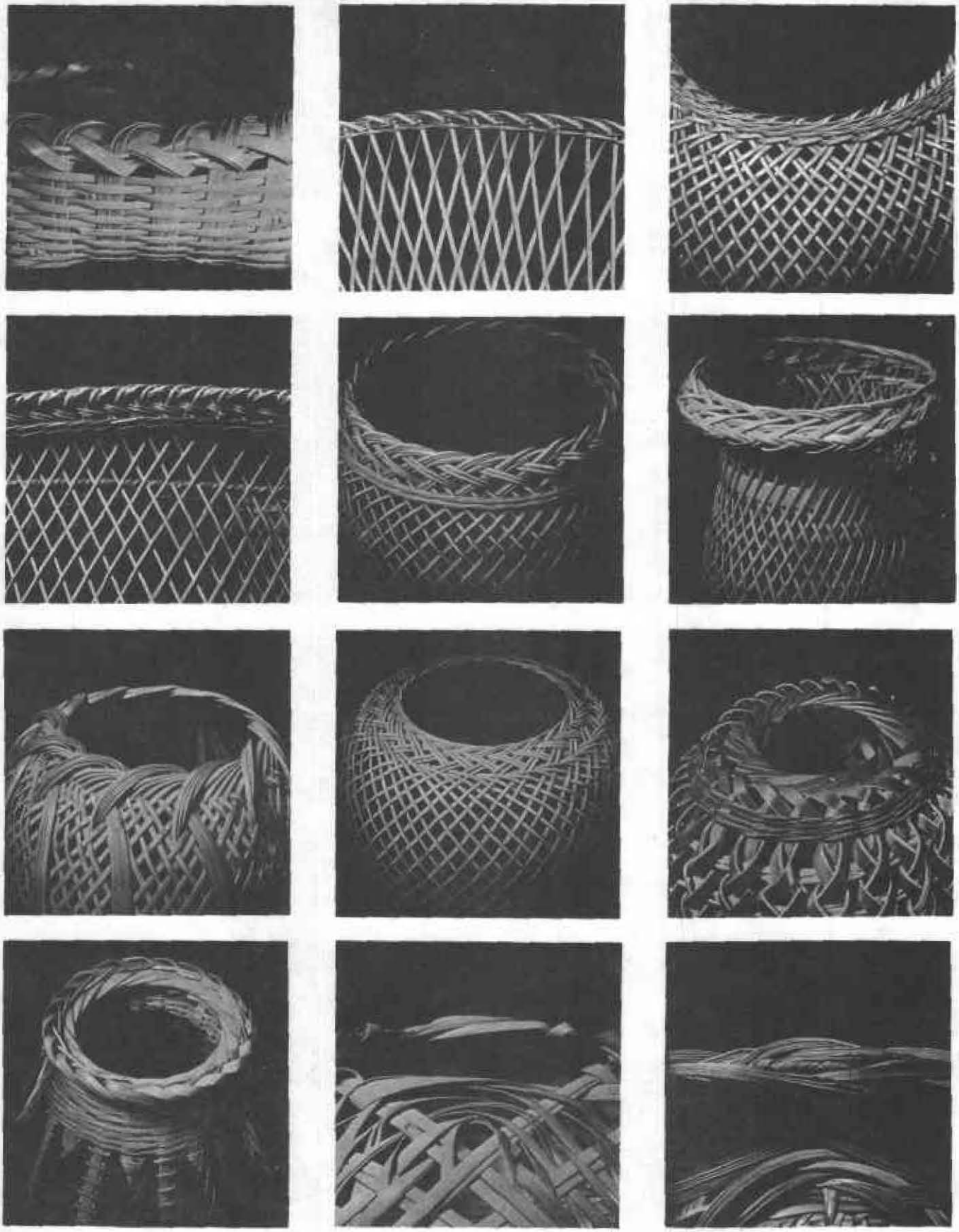




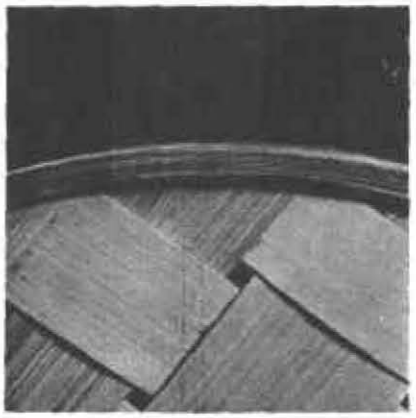
TEJIDO DEL BORDE (continuación)

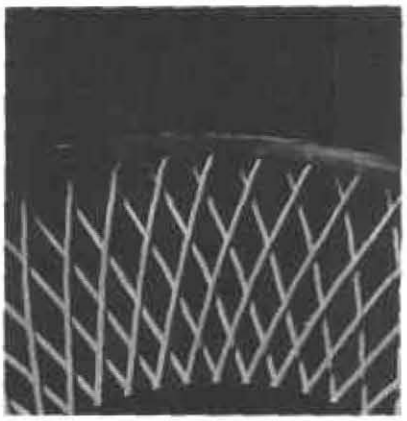


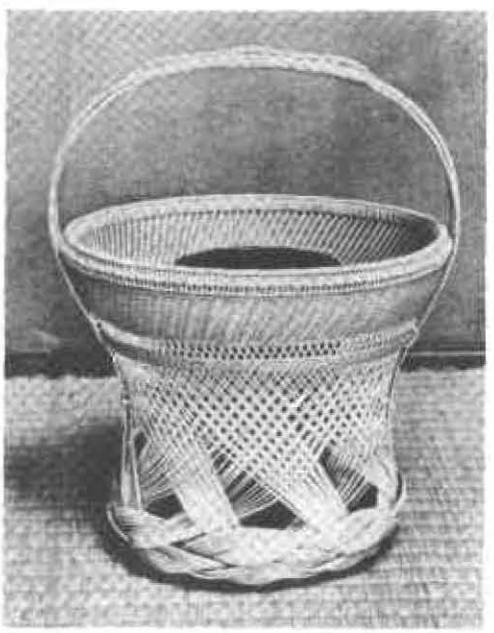
TEJIDO DEL BORDE (continuación)



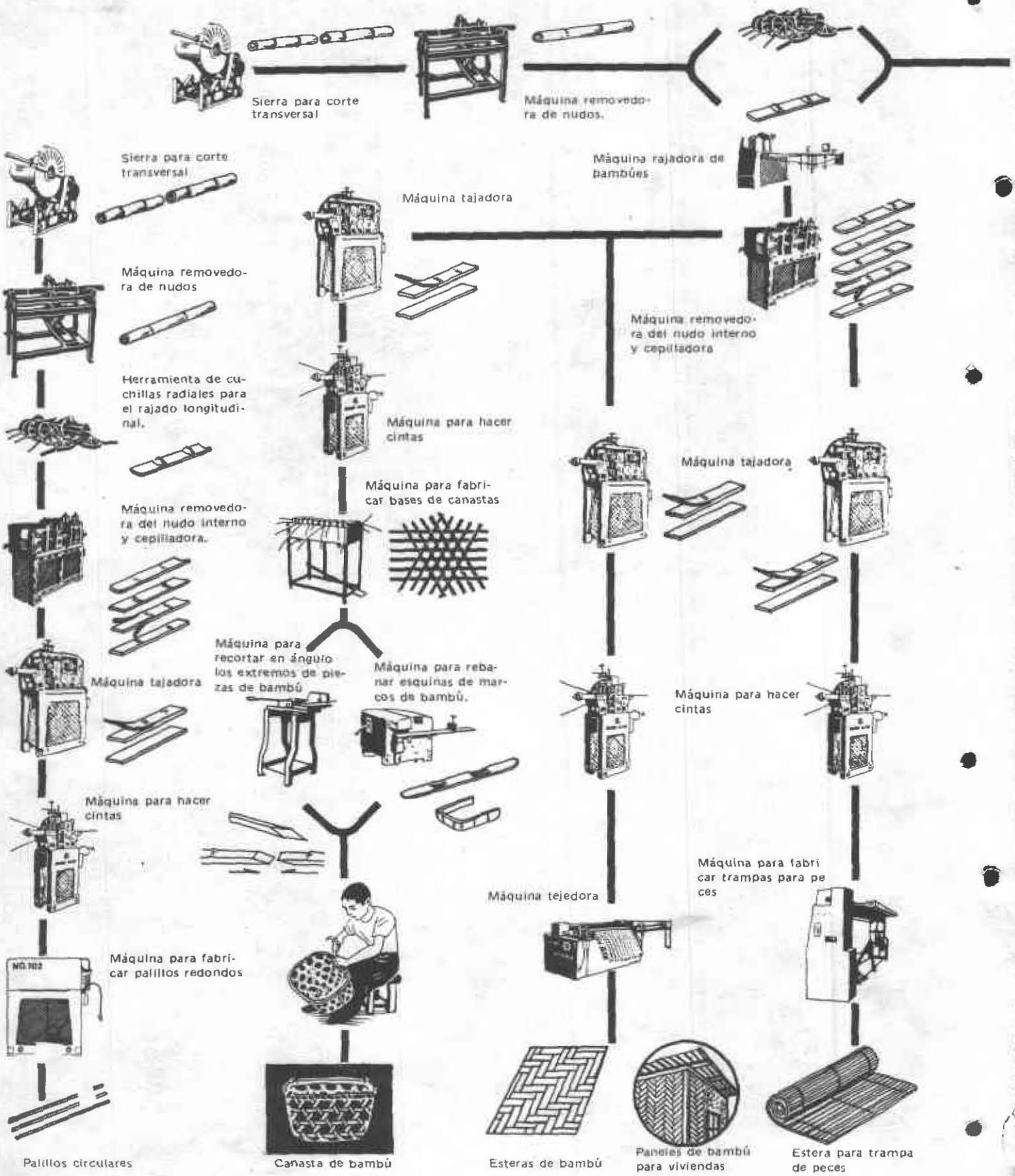
TEJIDO DEL BORDE (continuación)

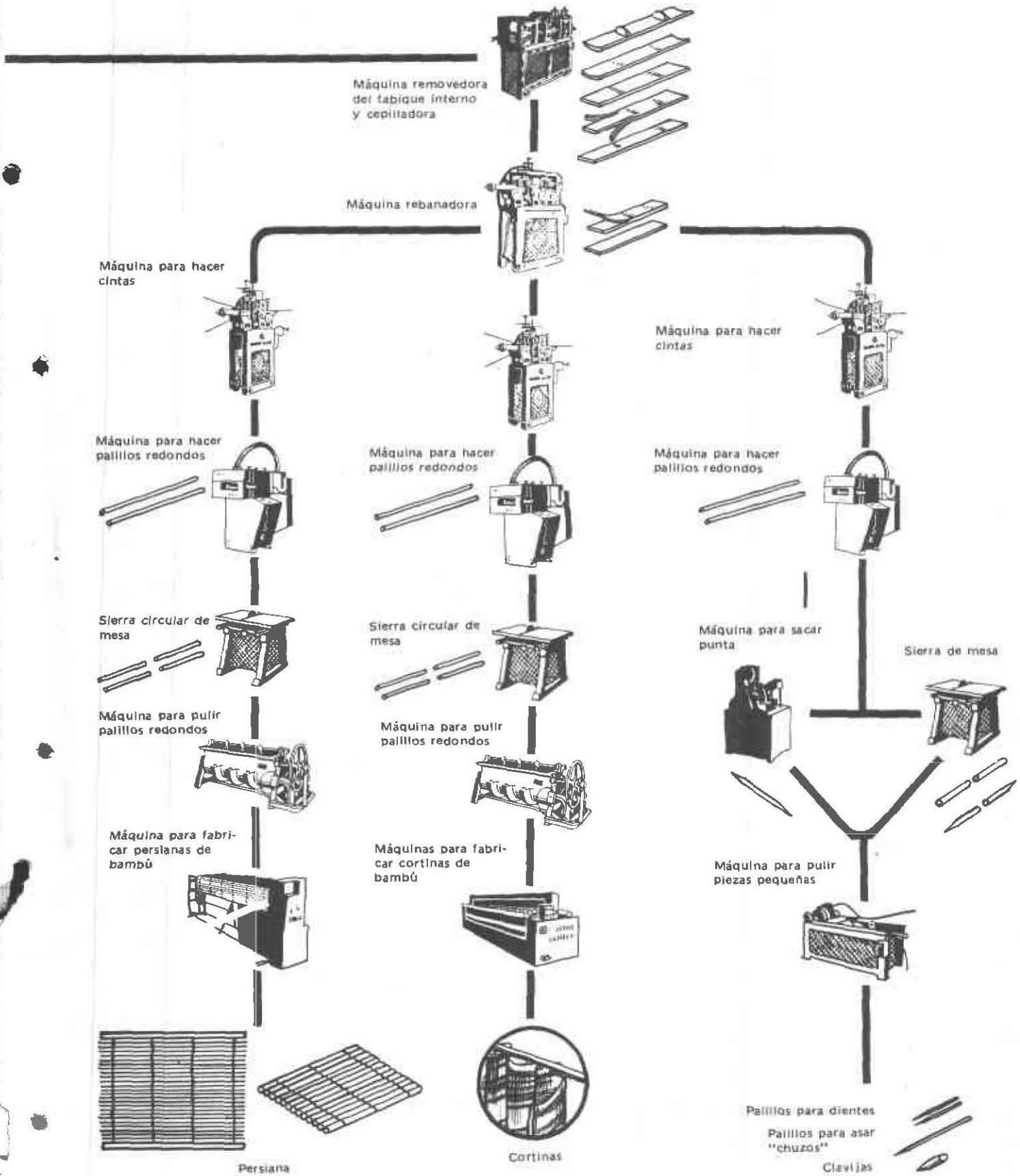






5.4 PROCESAMIENTO CON MAQUINARIA




Máquina removedora del tabique interno y cepilladora
Máquina rebanadora
Máquina para hacer cintas
Máquina para hacer palillos redondos
Sierra circular de mesa
Máquina para pulir palillos redondos
Máquina para fabricar persianas de bambú
Persiana
Máquina para hacer cintas
Máquina para hacer palillos redondos
Sierra circular de mesa
Máquina para pulir palillos redondos
Máquinas para fabricar cortinas de bambú
Cortinas
Máquina para hacer cintas
Máquina para hacer palillos redondos
Máquina para sacar punta
Sierra de mesa
Máquina para pulir piezas pequeñas
Palillos para dientes
Palillos para asar "chuzos"
Clavijas

BIBLIOGRAFIA

1. **A. B. Freeman - Mitford.**
   1.896 *The Bamboo Garden;* MacMillan and Co. Ltd. London.

2. **Willard M. Porterfield Jr.**
   1.926 *Bamboo and its Uses in China.* Chinense Government Bureau of Economic Information. Shanghai.

3. **B. Alwin Jay.**
   1.939 *What is Wood?*. Reprinted from Wood Ref. No. 18. Timber Research and Development Association. London.

4. **F. A. McClure.**
   1.973 *Genera of Bamboos Native to the New World (Gramineae : Bambusoideae).* Editado por Thomas Soderstrom. Smithsonian Institution Press No. 9.

5. **M. B. Raizada y R. N. Chatterji.**
   1,956 *World Distribution of Bamboos with Special Reference to the Indian Species and their more Important Uses.* Indian Forester, Vol. 82 No. 5, Mayo de 1.956 Forest Research Institute, Dehra Dun, India.

6. **Koichiro Ueda.**
   1.960 *Studies on the Physiology of Bamboo with Reference to Practical Application.* Resources Bureau Science and Technics Agency Prime Minister's Office. Tokio, Japón. Reference Data No. 34.

7. **F. A. McClure.**
   1.966 *The Bamboos, a Fresh Perspective.* Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

8. **P. N. Deogun.**
   1.936 *The Silviculture and Management of the Bamboo Dendrocalamus strictus Nees.* Indian Forest Records Vol. II. No. 4. Forest Research Institute, Dehra Dun, India.

9. **M. A. Huberman.**
   1.959 *Bamboo Silviculture.* FAO, Unasylva, Vol. 13, Nov. 1:

10. **Koichiro Ueda.**
    1.968 *Culture of Bamboo as Industrial Raw Material.* Association for Overseas Technical Scholarship No. 2 - A/68.

11. **Ernest Satow.**
    1.899 *The Cultivation of Bamboos in Japan.* The Asiatic Society of Japan.

12. **H. H. Sineath, P. M. Duagherty, R. N. Hutton y T. A. Wastler.**
    1.953 *Industrial Raw Materials of Plant Origin. Survey of the Bamboos.* Engineering Experiment Station of the Georgia Institute of Technology Vol. XV, No. 18.

13. **M. A. Rehman, S. M. Ishaq.**
    Seasoning and Shrinkage of Bamboo. Forest Research Institute, Dehra Dun.

14. **Wei - Chih Lin.**
    1.962 *Studies on the Propagation by Level Cuttings of Various Bamboos.* Bulletin No. 80 of Taiwan Foresty Research Institute. Taipei, Taiwan.

15. **J. P. Mills.**
    1.926 *The Ao Nagas.* Published by direction of the Government of Assam. MacMillan and Co. Limited. London.

16. **Harold K. Plank.**
    1.950 *Studies of Factors Influencing Attack and Control of Bamboo Powder Post Beetle.* Federal Experiment Station in Puerto Rico. Bulletin No. 48.

17. **Harold K. Plank.**
    1.948 *Biology of the Bamboo Powder Post Beetle in Puerto Rico.* Federal Experiment Station in Puerto Rico, Bulletin No. 44.

18. **Koichiro Ueda.**
    1.966 *Research and Recomendation on Bamboo Resources for Pulp and Paper Making in Tahiland.* - Overseas Technical Cooperation Agency, Tokio, Japón.

19. **D. G. Sturkie, V. L. Brown, W. J. Watson.**
    1.968 *Bamboo Growing in Alabama.* Agricultural Experiment Station Auburn, University, Bulletin No. 387. December 1.968.

20. **Thomas Francis Carter.**
    1.925 *The invention of Printing in China and its Spread Westward.* The Ronald Press Co. - New York.

21. **Ellison Hawks.**
    1.969 *Pioneers of Plant Study.* Books for Libraries Press, Freeport, New York.

22. **William Charles White.**
    1.939 *An Album of Chinese Bamboos a Study of a Set of Ink - Bamboo Drawings A. D. 1785.* The University of Toronto Press.

23. **Aleksy Debnicki.**
1.956 *The "Chu - shu - chi - nien" as Source to the Social History of Ancient China".* Warsawa, Polska Akademia Nauk.

24. **Friedrich Hirth.**
1.908 *The Ancient History of China to the End of the Chou Dynasty.* Columbia University Press.

25, **S. R. D. Guha.**
1.960 *Bamboo Pulping in India.* Conference on Pulp and Paper Development in Asia and the Far East, Tokio, October 1.960. FAO un 1.962 Vo. II pp. 352-355.

26. **John N. McGovern.**
1.967 *Progress and Problems in Production of Pulp from Bamboo.* Conference in Alabama, Bamboo Forestry Day - Paper Trade Journal, January 30, 1.967.

27. **Fujino Junko.**
1.972 *Bamboo.* The East Vol. VIII. No. 9, october 1.972.

28.
Pulp and Paper Manufacture Control Secondary Fiber Structural. Board Coating. Vol. II. Prepared Under direction of the Joint Texbook Committee of the Paper Industry. McGraw - Hil Book - Company.

29. **M. Acosta Solís.**
1.960 *Los Bambúes y Pseudo Bambúes Económicos del Ecuador.* Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Contribución No. 31, Marzo 1.960.

30. **Toshiro Kawaguchi.**
1.964 *Mold Prevention of Bamboo Products.* Beppu Industrial Art. Institute, Japan.

31. **J. P. Mills.**
1.937 *The Rengma Nagas.* McMillan and Co. Limited, London.

32.
1.955 *Wood Handbook.* The Forest Products Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook No. 72.

33. **Nelson Courtland Brown, James Samuel Bethel.**
1.965 *La Industria Maderera.* Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo. Editorial Limusa Wiley.

34. **Heinrich Engel.**
1.964 *The Japanese House.* A tradition for Contemporary Architecture. Charles E. Tuttle Co. - Publishers, Tokio.

35. **G. E. Heck.**
1.950 *Properties of Some Bamboos Cultivated in the Western Hemisphere.* United States Department of Agriculture. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin. No. D 1.765.

36. **H. E. Glenn**
1.950 *Bamboo Reinforcement in Portland Cement Concrete.* War Production Board, Contract No. 78. Engineering Experiment Station. Clemson, South Carolina, Bulletin No. 4.

37. **Helmut G. Geymayer, Frank B. Cox.**
1.970 *Bamboo Reinforced Concrete.* ACL Journal, October 1.970.

38. **K. Datta.**
1.935 *Utilization of Bamboo in Concrete.* Translation Oxford 2028 Common-Wealth Forestry. Imperial Forestry Institute. Oxford, England.

39. **Eduardo Acevedo Latorre.**
1.971 *Geografía Pintoresca de Colombia.* Litografía Arco, Bogotá.

40. **P. S. Bond.**
Some Experiments in the Use of Bamboo for Lasty Bridge Construction.

41. **Oleh Soeardiman.**
1.951 *Perintis* (Simpul tali dan Djembatan). Balai Pustaka Dja Karta.

42. **E. G. Camus.**
1.913 *Les Bambusées.* Monographie, Biologie, Culture, Principaux Usages, Paul Lechevalier, París.

43. **Wei - chin Lin.**
1.968 *The Bamboos of Thailand (Siam).* Special Bulletin of Taiwan Forestry Research Institute No. 6; 1.968.

44. **David G. White, Milton Cobin, Pedro Sanguinot Robles.**
1.946 *The Relation Between Curing and Durability of Bambusa Tuldoides.* The Caribbean Forester — U. S. Department of Agriculture. Tropical Forest Experiment Station, Río Piedras, Puerto Rico.

45. **Jai Kishen, D. P. Kukreti.**
1.958 *Electrodes for Bamboo Moisture Meter.* Wood Seasoning Branch, Forest Research Institute, Dehra Dun, India. Indian Forester.

46. **F. A. McClure.**
1.957 *Bamboo in the Economy of Oriental Peoples.* Annual Report Smithsonian Institution. - Agricultural Research Service. U. S. Departmentaof Agriculture.

47. **Percy Brown.**
Indian Architecture. (Buddhist and Hindu Periods). D. B. Taraporevala Sons & Co.

48. **E. B. Havell.**
1.913 *Indian Architecture.* Its Psychology, Structure and History from the First Muhammadan Invasion to the Present Day. John Murray, London.

49. **A. Purushotham, S.K. Sudan, Vidya Sagar.**
1.953 *Preservative Treatment of Green Bamboos Under Low Pneumatic Pressures.* Wood Preservation Branch, Forest Research Institute, Dehra Dun. Indian Forester, December 1.953.

50. **Tetsuro Yoshida.**
1.957 *Gardens of Japan.* Frederick A. Praeger, Publisher, New York.

51. **Mrs. Paul Kincaid.**
Japanese Garden and Floral Art. Hearthside Pressing, Publishers, New York.

52. **Florence Du Cane.**
The flowers and Gardens of Japan. Published by Adam & Charles Black, London.

53. **Georges Iles.**
1.900 *Flame, Electricity and the Camera.* Doubleday & McClure Co. New York.

54. **Charles Singer, E. J. Holmyard, A. R. Hall.**
1.954 *A. History of Technology.* Oxford Clarendon Press. Vol. I from Early Times to Fall of Ancient Empires.

55.
1.950 *Properties of some Bamboos Cultivated in the Western. Hemisphere.* United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin.

56. **G. E. Heck.**
1.945 *Static Bending Tests of Internodal-Bamboo Splints from Basal, Middle, and Top Cuts of One Culm Each of Bambusa Tuldoides and Guadua angustifolia.* U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison Wisconsin.

57. **Cyrus Lawrence Day.**
The Art. of Knotting and Splicing. U. S. Naval Institute, Annapolis, Maryland.

58. **Prasanna Kumar Acharya.**
Architectura of Manasara. Published by the Oxford University Press, London.

59. **James Ferguson.**
1.910 *History of Indian and Eastern Architecture.* John Murray London.

60. **Ahmad Hassan Dani.**
1.961 *Muslim Architecture in Bengal.* Asiatic Society of Pakistán, Publication No. 7, Dacca.

61. **E. B. Havell.**
1.920 *A. Handbook of Indian Art.* John Murray. London.

62. **Aisaburo Akiyama.**
1.936 *Shinto and its Architecture.* Japan Welcome Society, Kyoto.

63. **George H. Englerth, Edwin Maldonado.**
1.961 *Bamboo for Fence Posts.* Tropical Forest Research Center, Río Piedras, Puerto Rico, Mayo 1.961.

64. **B. L. Dhama.**
Domestic Architecture. Archeological Survey of India, Ajanta Printers.

65.
1.955 Proceedings of the Symposiom on *Scientific Principles and Their Application in Tropical Building Desing and Construction,* Bulletin of the National Institute of Sciences of India, No. 6, New Delhi.

66. **Percy Brown.**
Indian Architecture (The Islamic Period). D. B. Taraporevala Sons & Co., Bambay.

67. **G. C. Mathur. R. S. Ratra, D. D. Bindlish.**
Bamboo for House Construction. National Buildings Organization & Regional Housing Centre, New Delhi.

68. **Fugl - Meyer.**
Chinese Bridges. Kelly & Walsh, Limited. Shanghai.

69. **E. A. Gutkind.**
1.953 *How Other Peoples Dwell and Build.* Architectural Design February 1.953.

70. **Paul S. Wingert.**
1.962 *Primitive Art.*, Its Traditions and Styles, Oxford University Press, New York.

71. **James Legge.**
1.960 *The Chinese Classics*, Hong Kong University Press.

72. **Judith and Arthur Hart Burling.**
Chinese Art. The Studio Publications Inc. & Thomas Y. Crowell New York.

73. **Door C. Spat.**
Bamboe Kokers Van Loewoe.

74. **Ernst Fuhrmann.**
1.922 *New - Guinea*, Folkwang - Verlang.

75. **V. S. Krishnaswamy.**
1.956 *Bamboos, Their Silviculture and Management*. Indian Forester, June 1.956.

76. **Katherine Esau.**
1.965 *Plant Anatomy*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

77. **Jagdamba Prasad.**
1.948 *Silviculture of Ten species of Bamboo Suitable for Paper Manufacture.* Indian Forester. March, 1.948.

78. **C. Schroter.**
1.894 *Bambus - Sammlung*. Polytechnikum in Zurich.

79. **Kenneth Scott Latourette.**
1.946 *The Chinese*. Their History and Culture. The McMilland Co. New York.

80. **Harvey D. Shannon.**
1.944 *Method of Impregnating Bamboo with Synthetic Resin*. United States Patent office. - 2.352.740.

81. **Paul N. Hasluck.**
1.901 *Bamboo Work*. Cassell & Co. Ltd. London.

82. **B. L. Dhama.**
1.962 *Domestic Architecture*. Ajanta Printers. Jaipur.

83.
1.941 *Japanese Bamboo and its Scope of Utilization*. Tokyo, Japan.

84.
1.970 *Practical Japanese Cooking*. Japan Publication Inc. - Compiled by The Japanese Cooking Companies.

85. **Shao - Kang Hwang.**
1.956 *The True Volume Method of Determinning the Specifi Gravity of Sinocalamus Latiflorus*. Experimental Forest of National Taiwan University Taiwan.

86. **Kenneth W. Britt.**
Handbook of Pulp and Paper Tech nology. Reinhold Publisching Corp. New York.

87. **James P. Casey.**
1.960 *Pulp and Paper*, Chemistry and Chemical Technology. Vol. I. Pulping and Belaching. Interscience Publis–chers Inc. New York.

88.
1.928 *The Manufacture of Pulp and Paper*. Joint Executive Committee on Vocational Education Representing the Pulp and Paper Industry of USA. and Canada. Vol. IV. McGraw - Hill Book Company.

89.
Pulp and Paper Science and Technologie. Vol. I. Joint Texbook Committee of the Paper Industry. McGraw - Hill Book Company.

90. **Edwin Sutermeister.**
1.929 *Chemistry of Pulp and Paper Making*. John Wiley & Sons, Inc. New York.

91. **Julius Grant.**
1.958 *Cellulose Pulp and Allied Products*. Leonard Hill (Books) Limited. London.

92. **William Haynes.**
1.953 *Cellulose, the Chemical that Grows*. Doubleday & Co. Inc. New York.

93. **Nafis Ahmad.**
1.968 *An Economic Geography of East Pakistán*. Oxford University Press - Karachi, New York.

94. **G. F. Scott Elliot.**
1.915 *Prehistoric Man and his Story*. A sketch of the history of manking from earliest times London.

95. **Shinji Ishh.**
1.887 *The Island of Formosa and its Primitive Inhabitants.*

96. **F. A. McClure.**
1.952 *Bamboo in Latin America*. Revista Interamericana de Ciencias Agrícolas. Vol. 2 No. 3.

97.
1.970 *Japanese Bamboo*. Japan Ilustrated. Vol. 8 No. 3.

98. **Antonio J. de León.**
1.956 *Studies on the Use of Interwoven Thin Bamboo Strips as Stress - skin Covering for Aircraft*. The Phillipine Journal of Science, Published by the Institute of Science and Technology, Manila, Phillippines. Vol. 85, No. 3.

99. **Peter Koch.**
1.972 Utilization of the Southem Pines U. S. Department of Agriculture, Forest Service. Vol. I y II.

100.
1.966 *Water Suplly and Sanitation in Developing Countries.* AID, UNC, IPSED, Series item No. 3. University of North Carolina.

101.
1.873 *Union Medicale.* Vol. 15 P. 96.

102. **Buckminster Fuller.**
1.963 *Ideas and Integrities.* Prentice Hall Inc.

103. **Buckminster Fuller.**
1.971 *Bamboo Dome.* Dome Book No. 2, Pacific Domes.

104. **A. J. Panshin, E. S. Harrar, W. J. Baker, R. B. Proctor.**
1.959 *Productos Forestales.* Forestales Salvat.

105. **Caleb Hornbostel.**
1.965 *Materials for Architecture*, Reinhold Publishing Corp. New York.

106. **S. R. D. Guha.**
1.960 *Bamboo for Pulp and Paper Manufacture.* A. summmary of the Investigations at the Forest Research Institute, Dehra Dun. Conference on Pulp and Paper Development in Asia and the Far East. FAO/UN 1.962 Vol. II pp. 343 - 349.

107 **R. W. Sindall.**
Bamboo for Paper Making. Marchant Singer & Co. London.

108. **Thomas Routledge.**
1.875. *Bamboo Considered as Paper - Making. Material.* E. & F. N. Spon. London.

109. **Jacqueline Doat.**
1.967 *Les Bamboos, Source Eventuelle de Cellulose Pour L'Afrique.* Revue Bois et Forests des Tropiques No. 113 Mai - Juin. 1.967.

110. **Luis De Seabra.**
1.954 *Os Bambus na Industria da Celulose.* Ministerio de Ultramar Junta de Investigaçoes do Ultramar. Lisboa.

111. **Shin Nakamura.**
Clay Wall on Bamboo Lathing.

112.
1.961 *Growing Ornamental Bamboo.* Home and Garden Bulletin No. 76 U. S. Department of Agriculture.

113. **Julio César Medina.**
1.959 *Plantas Fibrosas da Flora Mundial.* Instituto Agronómico. Campinas.

114. **Isamu Kashikie.**
1.964 *The ABC of Japanese Gardening.* Japan Publication Trading Company.

115. **F. A. McClure.**
1.953 *Bamboo as a Building Material.* Foreing Agricultural Service. U. S. Department of Agriculture. Washington.

116. **Hans Spörry.**
1.903 *Die Verwendung des Bambus in Japan.* Druck von Zürcher & Furrer.

117. **Wei - Chih Lin, Zou - Yung Kang, Song - geng Hwang, Tao Kiang.**
1.962 *Investigation on Resources of Important Bamboos in Taiwan.* Cooperative Bulletin of Taiwan Forestry Research Institute No. 4

118. **Raoul Graumont.**
1.948 *Fisherman's Knots and Nets.* Cornell Maritime Press. New York.

119. **Charles E. Gibson.**
Handbook of Knots and Splices.

120 **Robert A. Young y Joseph R. Haun**
1961 *Bambú in the United States.* Description, Culture and utilization United States Department of Agriculture Agriculture Handbook No. 193, 1961

INDICE

A

Acueductos 273
  empalmes 274
Adherencia en el concreto 154, 172, 174.
Adhesivos 240.
Aeronáutica, Ingeniería 245
Agrietamiento 97
Alimento 45
  animal 47
  humano 46
  preparación 46
Altura del tallo 32
Amarres 108
  con nudo ballestrinque 127
  con nudo ballestrinque doble 128
  con nudo constrictor 131
  con nudo del ahorcado 125
  con nudo estrangulador
  con pasador de cabo 130
  cuadrado 118
  de andamio 129
  de balancín 122
  de doble abrazadera y media vuelta 126
  de doble nudo corredizo 125
  de doble nudo cruzado 129
  de dos medias vueltas 126
  de espiga 130
  de espiga 130
  de extensión 121
  de levita 129
  de media vuelta 126
  de manguera 129
  de telégrafo 129
  de tarugo 130
  de tubo 129
  de tijera 120
  de vuelta inversa 126
  en aspa 119
  en ocho 125
  múltiple de nudo medio 125
  para transporte vertical, 123, 124
Andamios 138
Anfipodial 27
  grupo 28
Aplicación
  de colorantes 287
  de productos preservativos 100, 284
Apuntalado 134
Arcilla, muro japones 223
Arquitectura 178
  en Colombia 179
  en Japón 212
  Hindú 205
Artesanía 282
Asexual, propagación 35
Atómica, ver bomba atómica
Aviones 245

B

Baldosas
  de bambú laminado 230
  para pisos 230
  tejidas 233
  tipo parquet 230
Bambúes que no deben emplearse en construcción 108
Bambusa guadua, ver guadua
Bambuseae 6
Bomba atómica 82
Botes de bambú 5, 30
Brácteas 31
Brotes, ver cogollos

C

Caballetes, ver Puentes
Cables de bambú, fabricación 253
Cámaras
  de alivio 275
  de distribución 275
Canastas 290
Cambios de color 98
Cartones 70
Características físicas 84, 85, 86, 87, 142, 143, 147, 148
149, 150, 151, 152, 153, 172.
Casa de Té 216
Casetones 137
Celosías 229
Cerco pequeño 218
  interno 219
  externo 221
Cespitoso 27
Ciclos de corte 58
  de vida 42
Cimentación 180
Cogollos 31, 46
Colapso 97
Columnas rotatorias, ver Puentes Colgantes
Composición química 74, 75
Concreto 134, 141, 142 , 143 , 146 172
Concha de tortuga 30
Congestión 61
Contracción 172
Contrachapeados 232
Construcción 82
  aviones 245
  domos geodésicos 235
  estructuras laminadas 238
Corte del tallo 91
  normas 92, 285

Crecimiento 31, 32
Cuadrado, ver deformación artificial
Curado 92
en la mata 92
por calentamiento 93, 284
por inmersión 92

CH

Chapas de bambú 231, 232
laminadas 231
plastificadas 232

D

Deformación artificial 226
en el secado 97
Derivaciones de tuberías 277
Descomposición en el concreto 174
Detalles de uniones 109
Determinación
de la altura del tallo 32
de la edad del tallo 32, 33
del contenido de humedad 94
Dicotiledóneas 6
Dimensión de las fibras 72, 73
Diques 272
Diseño de concreto reforzado 157, 175
de tuberías para acueductos 276
Distribución en América 6
Doblado al calor 287
Domos geodésicos 235

E

Ecología 25

Edad del tallo 32
apropiada para el corte 57, 283
Edison 244
Elasticidad en techos 208
Efectos de las fases de la luna 57
Empalmes 274, 277
Empleo apropiado
Enfermedades 45
Encofrados 134
Entrenudo 31
Especies de bambú 6, 17
apropiadas para fabricación de papel 71
de mayor uso en construcción 83, 205, 212
Esteras 288
Esterilla
aplicación 133
pisos 181
preparación 133
Estructura 27
Estructuras de puentes 252, 262
espaciales 234
geodésicas 234
laminadas 238
Etimología 5
Experimentos
sobre concreto reforzado con bambú 141, 142, 143, 146, 172
sobre secado 98

F

Fabricación de aviones 245
de papel 68
Factores climáticos 25
que afectan al secado 95
selváticos 26
Fallas por mal apuntalado 136
Fases de la luna, efectos 57
Fibra, dimensión 72, 73
Florecimiento 41
causas 41
en Colombia 43
indicaciones de su acercamiento 42
tipos 41
tratamiento posterior 44
Formas de tallos 30, 31
Forrage 47
Fruto 50
Fuego, origen 244
Fuentes de agua 279

G

Germinación semilla 34
Géneros y especies 7, 17
Gramíneas 6
Grupo Anfipodial 30
leptomorfo 29
paquimorfo 28
Guadua
características físicas 85, 89
características vegetativas 50
clasificación 48
composición química 76
diagramas 49, 51
estructuras laminadas de 238
estudios botánicos 48
estudios que se sugieren 52
fabricación de pulpa y papel 76
florescencia 50
fotomicrografías 78, 79, 80
fruto 50
longitud de las fibras 76
piezas torneadas para muebles
propagación 52
propiedades mecánicas 85, 89

H

Hinchamiento 172
Hongos 45
  tratamientos 99, 284
Hormigón, ver Concreto
Humedad, contenido 94
  relativa 25

I

Identificación 30
India, ver Arquitectura
Influencia en la arquitectura
Ingeniería aeronáutica 245
  civil 252
  hidráulica y sanitaria 273
Insectos 45

J

Japón, ver Arquitectura
Jardines japoneses 212

K

Kioscos 195
  diseño 195
  con anillo de tensión 197, 200
  con tensores 201

L

La planta 22
Láminas tejidas 233
Laminadas 238
Leptomorfo 27, 29
  géneros típicos 29
Limpieza de la mata 62
Lluvias 25
Localización, suelos 26
Luna, efectos en el corte 57

M

Maduración 31
Manejo, plantación 58
Matas congestionadas 61
Materiales de construcción 229
Marco Polo 30
Medicinal XV
Medidores, humedad 94
Método para el corte 60
Métodos de secado 95
Módulo de elasticidad 84
Moldes 137
Monocotiledóneas 6
Monopodial 27
Muros de bahareque 183
  de barro embutido 182
  japonés 222

N

Normas para el corte 92
  en construcción 108

O

Origen 5
  del bambú 5
  del fuego 244
  del hombre 15

P

Paquimorfo 27, 28
Pared, ver muros
Pared de arcilla 222
Pelado 285
Pendiente, suelos 26
Palillos 286
Paneles contrachapeados 232
Papeles, tipos 70
Pisos 181
  de bambúes completos 182
  de esterilla 181
  de latas 182
Plagas 45
Pozos profundos 279
Pórticos, ver Puentes Peatonales
Preparación del bambú 246
Procesamiento con maquinaria 306
Procesamiento manual 285
Problema de congestión 61
Producción de papel 70
Productos preservativos 104
Propagación 34
  sexual o por semilla 34
  asexual 35
  grupo leptomorfo 39
  grupo paquimorfo 36
Puentes Colgantes 252
  con dos apoyos 255
  con varios apoyos 258
  de dos cables 260
  de China 255
  de la India 261
  de un cable 260
  del Himalaya 254
  Historia 252
  transbordador 260
Puentes rígidos 262

de caballete 262
de caballete triangular 267
de tijera 265
de pórtico piramidal 267
de pórtico triangular 267
peatonales para uso temporal 267

R

Rajaduras, secado 97
Ramificación, rizoma 27
Refuerzo , ver Concreto
Regulación, corte de tallos 59
Rendimiento, Plantación 62
Rizoma, clasificación 27
Resistencia
a la compresión 84
a la flexión 84
a la tensión 84
de las fibras, externas e internas 84

S

Sazonamiento 31
Secado 93
al aire 96
en estufa 96
defectos 97
métodos 95
sobre fuego abierto 93, 284
Segmentos, propagación por 37
Semilla 34
alimento 47
propagación por 34
siembra 34
viabilidad 34
Sexual, propagación 34
Siembra, (ver propagación)
de la semilla
distancia de 40
Silvicultura 56
Simpodial 27
Sólidos, tallos 30
Soportes, tuberías 278
Suelos apropiados 25

T

Tabashir XV
Tallos 30
crecimiento 31
cuadrado 30
formas 30
hembra 30
macho 30
origen 30
sólidos 30
Techos
con anillo de tensión 197
con caballete curvo 208
con tensores 201
cónicos 195, 196
de varias aguas 185
detalles 186, 187, 188, 189, 190, 192
Tejidos 288
japoneses 290
Tierras aptas 7, 25, 26
Tipos de suelo 25
Temperatura 25
Torana 206
Traçant 27
Tratamiento
aprovechamiento transpiración de las hojas 100
con creosota 104
con pentaclorofenol 104
con preservativos 99
con resinas sintéticas 106
de acuerdo a su utilización 103
de conservación 91
de matas congestionadas 61
del cáncer XV
en lugar de secado 284
método Boucherie, por gravedad 100
método Boucherie, a presión 100
por aplicación externa 104
por inmersión 104
Tubos, ver Acueductos

U

Uniones 108
al tope 112
de elementos horizontales y verticales 112, 115
de piezas de muebles 116, 117
de vigas y columnas 109
detalles 109
Usos en estructuras de concreto 134
medicinales XVI

V

Vegetación alta 26
baja 26
Ventajas del sistema laminar 239
sobre la madera 71
en la construcción 90
Vestidos 288
Viabilidad de la semilla 34
Vigas de sección rectangular 154
de sección en "T" 155
Vivienda primitiva 207
Volumen en una plantación 62, 76